NATURAL PHILOSOPHY

FOR BEGINNERS.

BEING FAMILIAR ILLUSTRATIONS

OF THE

LAWS OF MOTION AND MECHANICS,

Translated into Gujaráti,

BY

KAHÁNDÁS MANSÁRÁM.

BOMBAY:
PRINTED FOR THE BOARD OF EDUCATION;
AT THE AMERICAN MISSION PRESS.

1853.

યંત્રશાસ્ત્રનાં મૂળ.

એમાં

ગતીના અને યંત્રશાસ્ત્રના નિયમોનું સવિસ્તર
વર્ણન છે.

એનું ભાષાંતર

કહાનદાસ મનસારામે

ગુજરાતીમાં કર્યું.

મુંબઈ

બોર્ડ આવ્ એડ્યુકેશનની આજ્ઞાથી અમેરિકન મિશન
છાપખાનામાં છપાયું.

ઈ૦ સ૦ ૧૮૫૩.


29519

અનુક્રમણિકા.



ભાગ પેહેલો.

પૃષ્ઠ.

જડત્વ—પ્રકૃતિ પોતાની મેળે ચલન પામતી નથી અથવા સ્થિર રહી શકતી નથી.—જડત્વના જાણીતા દાખલા.—બળ.—પ્રતિબંધ.—જુદી જુદી જાતની ગતિયો.—વેગમાન 1

ભાગ બિજો.

પેહેલો ચલન નિયમ.—સ્વતંત્ર ગતિ સીધા માર્ગમાં અને સમાન વેગથી થાયછે.—મધ્યાકર્ષ બળ.—મધ્યોત્સારી બળ.—વર્ત્તુળાકાર ગતીના દાખલા.—મધ્યોત્સારી પ્રેરણાના જાણીતા દાખલા.—પ્રકૃતિ જે માર્ગમાં ચલન પામતી હોયછે, તે માર્ગ પોતાની મેળે બદલી શકતી નથી 10

ભાગ ત્રિજો.

બિજો ચલન નિયમ.—બળોના સમાંતર બાજુઓ-ગુણનો પ્રયોગરૂપ દાખલો.—મિશ્ર ચલનના જાણીતા દાખલા.—અવયવો અને ફળમાન.—મિશ્ર ચલન બતાવવાનો સાંચો.—બળોના સંઘાત અને ભેદનના

પૃષ્ઠ.

ઉદાહરણો.—પવન અને ભરતીનું મછવા ઉપર જોર.—માછલાંની ગતિ.—પક્ષીનું ઉડવું.—તુરંગિયોની કવાયત.—બળોના સંઘાત અને ભેદનના જ્ઞાનની અવશ્યતા.— ત્રિજો ચલન નિયમ.—આઘાત અને પ્રત્યાઘાતના જાણીતા દાખલા.—અસ્થિતિસ્થાપક પદાર્થનો પ્રહાર.—સ્થિતિસ્થાપક પદાર્થનો પ્રહાર . . ૧૫

ભાગ ચોથો.

ગુરૂત્વ.—ભાર.—પદાર્થનું પડવું.—રૂપિયો અને પીછાનો પ્રયોગ.—પદાર્થ પડેછે તારે વેગ વધતો જાયછે.—એક સરખી વર્ધમાન ગતિ.—આટવુડ સાહેબનું યંત્ર.—સઘળા પદાર્થ ઉપર હંમેસાં ગુરૂત્વાકર્ષણનો વ્યાપાર થાયછે.—ઉદાહરણો.—પદાર્થના પતનના નિયમ ઉપરથી કુવા વગેરેની ઉંડાઈ શોધી કાહાડવાની રીતિ.—વર્ધમાન વેગના જાણીતા દાખલા.—હમાર.—ખુંટા ઠોકી બેસાડવાનું યંત્ર.—પદાર્થને ઉપર ફેંકિયે છૈયે તારે તેમની ગતિ એક સરખી ક્ષિયમાણ થાયછે.—આંદોલક.—સમાન વખતમાં આંદોલન થવું ૪૭

ભાગ પાંચમો.

વાંકી લિટીમાંહેનું ગમન.—અગાસીના નળમાંથી પાણીના ધોધવાનું પડવું.—આગળ લઈ જનારૂં બળ.—તોપથી છુટેલો ગોળો.—પરાબલા . . . ૬૫

ભાગ છઠ્ઠો.

ગુરુત્વમધ્ય.—ગુરુત્વરેષા.—ઉદાહરણો.—ગુરુત્વમધ્ય અને મહત્વમધ્ય કોઈવાર એકઠાં પણ હોયછે.—ગુરુત્વમધ્ય શોધી કાહાડવાની રીતિ.— નમી ગયલા બુરજ.— ગુરુત્વરેષાના દાખલા.— ગુરુત્વમધ્ય ઉંચું આણવાનો દાખલો.—ઢોળાવવાળા રસ્તા ઉપર ભરેલું ગાલ્લું.—ગુરુત્વમધ્ય નીચે આણવાના દાખલા.—ડોલચી.—ઝુલ્લા ખાયા કરે એવાં રમકડાં.—તેના જાણીતા દાખલા.—ચોપગાં જનાવરની ચાલવાની રીતિ.—દોરડા ઉપર નાચનાર.—ગુરુત્વમધ્ય હંમેસાં તે પદાર્થમાં હોતું નથી.—ઢોળાવ ઉપર ગમન.—સિલિંડર અને બેવડા શંકુની ઝુલાવામાં પડિયે એવી રમત.—કોયલ.—અંડાકાર પદાર્થ.—પદાર્થની સ્થિરતા.— શંકુ.—ચોરસ, સમાંતરબાજુચોખુણ અને ગોળ એઓનાં ગુરુત્વમધ્ય શોધી કાહાડવાની રીતિ.—ગુરુત્વમધ્ય એજ જડત્વમધ્ય.—ઉદાહરણો.—ત્રણ અથવા વધારે પદાર્થનાં ગુરુત્વમધ્ય.—ત્રિકોણનું ગુરુત્વમધ્ય. ૬૯

ભાગ સાતમો.

યાંત્રિક શક્તિ.—પેહેલી જાતનું ઉચ્ચાલન.—ગુણદ્વેગના બીજનો નિયમ.—યંત્રની યાંત્રિક શક્તિ.—એક જાણીતો દાખલો.—ચુંપું અથવા સાંગ.—

પૃષ્ઠ.

તાજવું.—કંપાણ.—ચીના લોકોનો નાહાની વસ્તુ તોળવાનો કાંટો.—સુતર તોળવાની કાંટી.—ઉચ્ચાલન વિશે પ્રયોગ કરવાનું સાહિત્ય.—સેહેલા દાખલાઓ.—બિજી જાતનું ઉચ્ચાલન.—પાલખી.—ખુંધાં ઉપર પીપને લટકાવીને લઈ જાયછે તેનો દાખલો.—પાણી.—દરવાજો નરમાદા ઉપર ફરેછે તેના તથા બિજા દાખલા.—ત્રિજી જાતનું ઉચ્ચાલન.—ચરખાનું પાટિયું.—પ્રાણિયોના શરીરના અવયવો.—ઉન કાતરવાની કાતર ઈત્યાદિ.—બિજી અને ત્રિજી જાતનાં ઉચ્ચાલનનો તફાવત.—મિશ્ર ઉચ્ચાલન.—જાણીતા દાખલા.—વાંકું ઉચ્ચાલન.—નાના પ્રકારના દાખલાઓ.—ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યનો ત્રાંસો વ્યાપાર થાયછે તેનો દાખલો.—કાટખુણ ઉચ્ચાલન.—વાંકા ઉચ્ચાલનનું તાજવું.—બે ટેકાના આધાર ઉપર રહેલો ભારોટિયો ૮૮

ભાગ આઠમો.

ચક્ર અને આંસ.—ચક્ર અને મિશ્ર આંસ.—એ યંત્રનું પરિછિન્ન.—ઉદાહરણો.—વાંકા ઠોઈયાનું ચક્ર.—ગુણદ્વેગનું બીજ.—આંસ અને ચક્રની ઘણીએક તરેહની યોજના.—ડવર.—મિશ્ર ચક્રનું યંત્ર.—દાખલાઓ.—પટા.—ઘડિયાળની રચના.—ફળુઝીનો વ્યાપાર.— જળ ચક્ર.—ઉર્ધ્વાહત ચક્ર.— અધરાહત ચક્ર.—પાર્શ્વાહત ચક્ર.—પવનચક્કી.—ઘોડાની શા-

પૃષ્ઠ.
ક્તિ.—ચારી.—ગોળ પાંજરાં.—રેંટ.—આંસ અને ચક્રની જાત જાતની યોજના ૧૩૪

ભાગ નવમો.

કપ્પી અથવા દોરડું.—અચર કપ્પી.—જાણીતા દાખલા.—ચરકપ્પી.—એનો ત્રાંસા માર્ગમાં વ્યાપાર.—માત્ર એક દોરડાની કપ્પીઓ.—વાહાણમાં જે કપ્પીઓ કામમાં આવેછે તે.—સ્મીટન સાહેબની કપ્પી.—વઈટ સાહેબની કપ્પી.—સ્પાનિશ બાર્ટન.—ઘણાં દોરડાંવાળી કપ્પીનાં ઉદાહરણો.—ગુણદૃગનું બીજ.—ઘર્ષણ લાટ ૧૬૧

ભાગ દશમો.

ઢોળાવ.—એના દાખલા.—બળના સંઘાત અને ભેદનની યોજના.—જારે શક્તિનો વ્યાપાર ત્રાંસા માર્ગમાં થાયછે તારે શક્તિ અને વજનનું પ્રમાણ શી રીતે નિકળેછે.—ગુણદૃગનું બીજ.—રસ્તાનો ઢાળ.—ઉદાહરણો.—અસલના લોકો જે જાતનો ઢોળાવ કરતા હતા તે.—દાદર.—ગોદીમાંથી વાહાણ ઉતારવાને ઢોળાવ કરેછે તે ૧૮૧

ભાગ અગિઆરમો.

ફાચર.—યાંત્રિક શક્તિ.—પ્રહાર.—જાણીતા દાખલા.—પોર્ટસ્મોથની ગોદીમાં થયલા પ્રયોગ ઉપરથી થયલો નિર્ણય ૧

પૃષ્ઠ.

ભાગ બારમો.

મળસૂત્ર.—ઢોળાવનું રૂપાંતર.—માકડી.—માકડી અચળ હોયછે તેનું દૃષ્ટાંત.—મળસૂત્રો દાંડાથી અથવા ઉચ્ચાલનથી ફેરવ્યામાં આવેછે.—ચોપડીના પૂઠા કરનારો જે સિકંજો વાપરેછે તે.—હંટર સાહેબનું મળસૂત્ર.—અનંત મળસૂત્ર.—મળસૂત્રની નાના પ્રકારની યોજના.—અલ્પાંતર માપક મળસૂત્ર . . .૧૯૮

ભાગ તેરમો.

ઘર્ષણ.—ઘર્ષણ દૂર કરવાના ઉપાય.—ઘર્ષણ કમી કરનાર ચક્ર.—પ્રયોગ.—ઢોળાવની સાહ્યતાથી ઘર્ષણના નિયમો જાણવાની રીતિ.—ઘર્ષણ સર્વ યાંત્રિક શક્તીની અંદર થાયછે. ૨૧૦

શબ્દપરિભાષા ૨૧૯

યંત્રશાસ્ત્ર.



ભાગ પેહેલો.

યંત્રશાસ્ત્ર બીજી સર્વ સૃષ્ટીવિદ્યાનો પાયો અથવા મૂળ છે એમ ધાર્યું તો ચાલશે, કેમકે એનાં મૂળતત્વો ચલનનિયમના આશ્રય ઉપર રહેલાં છે, અને આ નિયમોનાં જ્ઞાન વિના, અપ્રવાહી અને પ્રવાહી પદાર્થો ચલન પામ્યાથી જે કાર્યો ઉત્પન્ન થાયછે, તે સમજવાને અથવા તેમના પરિણામો જાણવાને અશક્ય થશે.

યંત્ર શાસ્ત્રનો અર્થ યંત્ર એ શબ્દ ઉપરથી સાફ માલમ પડી આવેછે. કેટલાએક ગ્રંથકારો આ વિદ્યાનાં ગણિત સંબંધી પુસ્તકોમાં પ્રાયઃ સ્થૈર્ય વિજ્ઞાન અને શક્તિ વિજ્ઞાન એવા બે ભાગ કરેછે. સ્થૈર્ય વિજ્ઞાન એટલે, પદાર્થો જે શક્તિથકી અચળ સ્થિતીમાં રેહેછે તેમનું નિરૂપણ; અને શક્તિ વિજ્ઞાન એટલે ગતીના કારણોનું અથવા ચલન ઉત્પન્ન કરનાર બળોનું નિરૂપણ. હાલનાં આ તત્વબોધક ગ્રંથમાં આ બંને વિષયોનો વિચાર એકઠો કીધામાં આવશે, કેમકે કોઈપણ પદાર્થનું ગમન અથવા સ્થિતી એકજ કારણનો જુદી જુદી રીતે વ્યાપાર થયાથી થાયછે. તેટલામાટે યાંત્રિકશક્તિનું અધ્યયન કર-

વાની પૂર્વે શિખનારે પદાર્થોનાં ચલન અને ગુરૂત્વાકર્ષ-
ણત્વનાં કાર્યથી યથાસ્થિત વાકિફ થવું, એ અવશ્ય છે.

ચલન અને તેના નિયમો.

ચલન એટલે પદાર્થનું એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે જવું, અથવા અચળ રેહેવાથી જે વિરૂદ્ધ વ્યાપાર તે. પદાર્થ જારે અચળ હોયછે, તારે તે પોતાની મેળે ચાલી શકતો નથી, તેમજ જારે તે ગતિમંત હોયછે તારે પણ તેનાથી પોતાની મેળે સ્થિર રેહેવાતું નથી; પ્રકૃતીના આ ગુણને જડત્વ કેહેછે. આપણને અનુભવથકી માલમ પડેછે કે પૃથ્વિના પૃષ્ઠ ઉપરના એકાદા ખડકની સ્થિતી તે ઉપરની બીજી વસ્તુઓ સાથે જોતાં કાંઈ બદલાતી નથી; તેનામાં પોતાની મેળે ચલન પામવાની શક્તિ નથી માટે, કોઈ બળથી ચલન પ્રાપ્ત થાય તાંહાં-સુધી તે નિરંતર અચળ રેહેશે. વળી એ પણ ખરૂં છે કે, પ્રકૃતીને એક વારગતિ પ્રાપ્ત થઈ, એટલે તેનાથી સ્થિર રેહેવાતું નથી, કેમકે એનેવિશે ચૈતન્ય નથી તેથી કરીને, બીજાં કોઈ બળની પ્રેરણા થયા શિવાય, એનાથી ગમન થતું નથી, અથવા સ્થિર રેહેવાતું નથી. પદાર્થો સ્થિર અથવા ચલિત એ બેમાંથી ગમે તે સ્થિતીમાં હોય તેમાંજ તેઓ રેહેછે, અને તે સ્થિતી ફેરવવાને બળ લગાડવું જોઈએ છૈયે, તે હેઠળ કહેલા દાખલાઓથી માલમ પડશે.

ભારથી ભરેલાં ગાલ્લાંને ખેંચવાસાર બળદોને તેનું

જડત્વ તોડવું પડેછે, પણ એકવખત તોડ્યું એટલે પેહેલાં તેઓ જેટલી મુશકેલીથી ખેંચતા હતા, તે કરતાં તેઓ સેહેલથી ખેંચેછે. ડાકની ગાડી પેહેલી હંકરાતી વેળાએ બેસનારાઓનાં શરીરમાં એકદમ ગાડીની ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે, તેને તેમનું જડત્વ પ્રતિબંધ કરેછે, તેથી તેઓને પાછળની તરફ આચકો લાગેછે,—અને જારે તે ગાડી ઉભી રેહેછે તારે એથી વીરુદ્ધ પરિણામ બનેછે. કોઈ માણસ હોડીનાં સુકાન આગળ ઉભો હોય અને જો સંભાલ ને લે તો, હોડી ચાલવા માંડશે એટલે તે પાણીમાં પડશે; અને જારે તે અટકશે તારે તે આગળ પડશે. દોડતી જતી બગીમાંથી કોઈ માણસ ભુસ્કો મારે તો, જમીન ઉપર તેના પગ પોંહોંતા પછી, તેને પડવાનો ભારી ભય રેહેશે, કેમકે તે વેળાએ તેનાં શરીરમાં બગીની દોડ જેટલો વેગ પ્રાપ્ત થયલો હોયછે. કોઈ શક્સને ખાઈ અથવા ચર ઓળંગવી હોય તારે તેનાં શરીરમાં વેગ ઉતપન્ન થાય અને તેનાથી સેહેલથી ફલંગ મરાય, માટે તે થોડોએક પાછળ જઈને દોડવા માંડેછે. ઘોડસ્વાર સારીપેઠે દોડતા ઘોડાની જીન ઉપર ઉભો રહીને. જો તેજ બાજુ તરફ જનાર, અને તેટલીજ ઝડપથી દોડતા બીજા ઘોડા ઉપર કુદે તો, તે કામ તેનાથી જેટલી સુગમતાથી તે બંને ઘોડાઓ ઉભા હોત તારે બની આવત, તેટલીજ સુગમતાથી બની આવશે; તે માણસમાં પોતાના ઘોડા જેટલોજ વેગ હોયછે, અને તે વેગ પોતે બીજા ઘોડા ઉપર કુદી જાયછે તાંહાંસુધી તેનામાં જારી રેહેછે. જો બીજો ઘોડો ઉભો હશે તો તે માણસ તેની

ડોક ઉપર પડશે; અને જો તે સ્થિર ઘોડા ઉપરથી બીજા પોતા તરફથી જોસ્સા બંધ જતા ઘોડાની પીઠ ઉપર કુદશે તો તે, તે ઘોડાની પાછળ રેહેશે. તેમજ ઢિલા તાર ઉપર નાચ કરનાર જારે તાર સારીપેઠે ઝુલતો હોયછે તારે ઘણાએક ગોળાઓ ઉપર ફેંકેછે, તે ગોળાઓ પણ હાથની સાથે ઝોલા ખાતા તેનો વેગ ધારણ કરી રાખેછે, અને હવામાં છતાં તેઓ હાથનો માર્ગ ધરેછે, અને જારે ઝોલો એક બાજુથી બીજી બાજુને નાકે આવેછે, તે વેળાએ તે તાંહાંજ પાછો હાથમાં પડેછે. તેમજ કોઇ શક્સ સપાટાબંધ ચાલતા વાંહાણના કુવાને મથાળે જઈને એકાદો ગોળો હેઠે નાખે, તો તે, તે કુવાના પાયા આગળ આવી પડશે, કારણ, નાખનારના હાથમાં હતો તારે તે ગોળામાં જે વાંહાણનો વેગ હતો, તે તાર લગી તેનામાં કાયમજ રહેલો હોયછે, અને તેથી તે પોતાનાં પતન વેળાએ કુવાની સાથે આગલ ચાલેછે.

નીચેના પ્રયોગથી જડત્વનો ગુણ સેહેલથી બતાવ્યામાં આવેછેઃ સ્થિર રેહે એવી શેતે આંગળીના ટેરવા ઉપર ગંજીફાના પાનાં જેવું એક પાનું ગોઠવ, અને તેનાં ઉપર એક અધેલો મુક; પછી પાનાંની બાજુએથી અળગે હાથે એક જોરથી ટકોરો માર; એટલે તે પાનું અધેલાની નીચે રહીને ચાલ્યું જશે, પણ અધેલો તેના જડત્વનાં જોરથી આંગળી ઉપર રેહેશેઃ અધેલાનું જડત્વ પાનાનાં ઘર્ષણ કરતાં અધિક છે તેથી એ પ્રમાણે બનેછે.

આ દાખલાઓથકી સેહજ માલમ પડી આવશે કે, સ્થિરપદાર્થને જો પ્રેરણા ન થઈ, તો તે કદી ચલન પામશે

નહીં. તથાપિ પ્રકૃતિ સ્વતઃ ગતિ પામતી નથી માટે આપણે એવું અનુમાન ન કરવું કે અચળ રેહેવું એજ પદાર્થોનો સ્વાભાવિક ધર્મ છે, કેમકે ચલન એ સ્થિરતા જેવીજ પ્રકૃતીની સ્વાભાવીક સ્થિતી છે, તથા પદાર્થ સ્થિર છતાં તેનું ગમન થવું અથવા ગમન છતાં સ્થિર રેહેવું એ બંને વ્યાપાર ઉપાધિ વિના થતા નથી, એ થોડાએક દાખલાઓથકી માલમ પડશે; અને વળી એ પણ માલમ પડશે કે, ગતિઓનાં ટકવામાં ઘણી ભિન્નતા છે, તથા ઘર્ષણ અને વાયુના પ્રતિબંધથી આ ભિન્નતા મુખ્યત્વે કરીને ઉત્પન્ન થાયછે.

જો એક લીસો ગોળો ભુંઈ ઉપર ગબડાવ્યો તો જમીનનાં ખડબચડાપણાને લીધે, તે જલદીથી અટકશે; જો તેને લીસા અને એક સરખા ફિત્તા ઉપર ગબડાવ્યો તો, તેની ગતિ વધારે વાર રેહેશે, કેમકે તેનાં ગમનને થોડો પ્રતિબંધ છે; પણ જો તેને બરફની એક સરખી અને લીસી સપાટી ઉપર ગબડાવ્યો, તો ઘર્ષણનાં જોરથી જે તેનો વેગ નરમ પડશે તેનું ગ્યાન પણ થશે નહીં, અને જો વાયુનો સપાટો પણ તેને જેણી તરફ ગબડાવીયે છૈયે તેણી તરફનો હશે તો તે ઘણોએક દૂર જશે. એક ઝીણી અને કઠણ આરવાળો મોટો ભમડો જે વાસણમાંથી વાયુ કાહાડી નાખેલો હોય તેમાં ફેરવ્યો તો તે ઘણીવારસુધી ફર્યા કરશે, કેમકે તેની ગતિને વાયુથકી કાંઈ પ્રતિબંધ થતો નથી. નિર્વાત જગામાં આંદોલકને હલાવ્યું તો તે ઘણીવારસુધી ઝુલ્યા ઓશે, કેમકે જે બિંદુએ તે લટકેછે, તે બિંદુનાં કિંચિત

ઘર્ષણ શિવાય તેને બીજા કોઈથી પ્રતિબંધ થતો નથી. એક સરખી જાડાઈનાં એક નાહાનાં પઈડાંને મધ્ય બિંદુ ઉપર ટાંકણી રાખીને ફેરવ. તે એવી રીતે બનાવેલું જોઈએ કે તેનાં મધ્ય બિંદુની આસપાસ તેના બધા ભાગ સમતોલ રેહે, કે તેથી કરીને ટાંકણીની આસપાસ તેની ગતિ તેનાં ગુરૂત્વનાં જોરથી ઘટે અથવા વધે નહીં. તેટલામાટે હિંયાં તેના આંસ ઉપરનું ઘર્ષણ તથા વાયુનો પ્રતિબંધ એ કારણો શિવાય બીજું કાંઈ તેની ગતિને અટકાવનાર નથી. જો ઘર્ષણ કમી કરનાર ચક્રો ઉપર તેનો આંસ મુકીને તેનું ઘર્ષણ કમી કીધું તો, તે ફકત પોતાના આંસ ઉપર ફર્યાથી જેટલીવાર ગતિમાં રેહેત, તેના કરતાં વધારે વાર રેહેશે. પણ જો એ સર્વ સાહિત્યને વાતાકર્ષક યંત્રના કાચ પાત્રમાં મુકીને જો વાયુ કાહાડી નાખ્યો તો, તેથી કરીને વાયુનો પ્રતિબંધ દૂર થશે, અને તારે તે પુષ્કળવારસુધી, ઘણું કરીને સમગતીએ ફરતું માલમ પડશે.

આ દાખલાઓથી માલમ પડેછે કે, જો કોઈ પદાર્થને એક વાર કાંઈ બળના યોગથી ગતિમંત કીધો, તો જેમ જેમ ઘર્ષણ, વાયુનો પ્રતિબંધ અને બીજાં ક્ષીણ કરનાર કારણોથી અટકાવ ઓછો થતો જાયછે તેમ તેમ, તે પદાર્થનું ગતિમાં રેહેવું, હંમેસાં વધતું જાયછે. દરએક દાખલા જે આપણી નજર તળે આવેછે તે સર્વથકી એ ઉપરની વાત માલમ પડેછે; તેથી એવો નિર્ણય કીધામાં આવેછે કે, કોઈ પદાર્થ એવાં કારણો રહિત થયો એટલે તેની ગતિ કેવળ એક સરખી તથા નિરંતર થશે.

જે કારણથી સ્થિર પદાર્થ ગતિમંત થાયછે, અથવા તે ગતિમંત હોયછે તારે તેની ગતિમાં ફેરફાર થાયછે, તેને બળ કેહેછે. સંખ્યાથી અથવા જે માર્ગમાં બળનો વ્યાપાર થાયછે તે માર્ગમાં દોરેલી લિટીથી બળને બતાવવાને પ્રાયઃ ઘણું સેહેલ પડેછે; અને તે બળનું માન પણ તેજ વખતે તે લિટીની લંબાઇથી બતાવ્યામાં આવેછે. ગતિમંત પદાર્થની ગતિ ક્ષીણ થાય, અથવા તેની ગતિનો નાશ થાય, અથવા તે જે માર્ગમાં ચાલતો હોય તેથી ઉલટા માર્ગમાં ચાલે, એવી રીતે ગતિને જે અટકાવ થાયછે તેને પ્રતિરોધ કેહેછે.

જે પ્રમાણે બળનો વ્યાપાર થાયછે તે પ્રમાણે ગતિમાં ફેરફાર થાયછે. બે અથવા વધારે પદાર્થ સાથે ચાલેછે, તારે તેઓ સામાન્ય ગતિએ ચાલેછે એમ કેહેવાયછે: કોઈ માણસ વાંહાણ ચાલતી વેળાએ તેની અગાસી ઉપર ઉભો હોયછે તેને વાંહાણની સાથે સામાન્ય ગતિ હોયછે. તેમજ જે છોકરો બીજા માણસને ખાંધે બેસીને જાયછે, તેને પણ તે માણસ સાથે સામાન્ય ગતિ હોયછે.

જારે કોઈ પદાર્થ બીજા સ્થિર પદાર્થ સાથે જોતાં ગતિમંત હોયછે, તારે તેની ગતિને નિરપેક્ષગતિ કેહેછે. માણસ એક ઠેકાણેથી બીજે ઠેકાણે જાય, અથવા વાંહાણ પાણીમાં ચાલે, એ સર્વ નિરપેક્ષ ગતીના દાખલા છે.

બીજા ગતિમંત પદાર્થ સાથે જોતાં કોઈ પદાર્થ પોતાની સ્થિતી બદલે તારે તેની ગતિને સાપેક્ષગતિ કેહેછે: ઉદાહરણ, જે માણસ પાલખીમાં બેસીને રસ્તેથી જાયછે,

તે સાપેક્ષ રીતે જોતાં એટલે પાલખીને અનુસરીને સ્થિર છે; પણ નિરપેક્ષ રીતે જોતાં તો પાલખીની સાથે એક ઠેકાણેથી બીજે ઠેકાણે જવાને લીધે તે ગતિમાં છે; અને પાલખી ચાલતી કિંવા સ્થિર હોય તોપણ, તેમાં કોઈ બીજું માણસ બેઠેલું હોય તો, તેની શાથે પણ તે સાપેક્ષ રીતે જોતાં સ્થિર છે. જો સાધારણ અર્થ ઉપરથી એમ માલમ પડે કે વસ્તુતઃ સ્થિતીમાં ફેર પડ્યો છે, તારે જે ગતિ ઉત્પન્ન થઈ હોયછે તેને નિરપેક્ષ ગતિ કેહેછે, પરંતુ તેથી વિરુદ્ધ, જારે આસપાસના પદાર્થોની સ્થિતીમા ફેરફાર થઈને પદાર્થનું સ્થળ સાપેક્ષ રીતે જોતાં બદલાયછે, તારે તેને સાપેક્ષ ગતિ કેહેછે.

જે ત્વરાથી પદાર્થ ચલન પામેછે, તેને તે પદાર્થનો વેગ કેહેછે; અને જારે પદાર્થ સમગતિએ ચલન પામેછે, તારે તેનાં ગમનના અંતરને તેને જે કાળ લાગેછે તેણે વતી ભાગ્યાથી તેનો વેગ માલમ પડેછે: જો કોઈ પદાર્થ ત્રણ સેકંદમાં ત્રીશ ફુટ ચાલે તો તેનો વેગ દરસેકંદે (ત્રીશ ભાગ્યા ત્રણે એટલે) દશ ફુટ થશે.

જારે ચલિત પદાર્થ બરોબર વખતમાં બરોબર અંતર-કાપેછે, તારે તે પદાર્થની ગતિને સમગતિ કેહેછે. જો ધીમે ધીમે વધતી હોય, તો તે ગતિને વર્ધમાનગતિ કેહેછે; અને જો ધીમે ધીમે ઘટતી હોય, તો તે ગતિને ક્ષીયમાણગતિ કેહેછે.

ચલિત પદાર્થ જે બળ અથવા શક્તીથી બીજા પદાર્થ ઉપર આઘાત કરેછે, તે બળને મોમેંટમ કેહેછે; અને એનું પરિમાણ પ્રકૃત્યંશ અથવા તે પદાર્થના ભારને વેગે

ગુણ્યાથી નીકળેછે. તે કારણમાટે એક ગોળો જેનું વજન દશ તોલા છે, તેમાં અમુક વેગ ઉત્પન્ન કરવાને જે બળ લાગશે, તે બળ, તેવોજ એક બીજો સ્થિર ગોળો જેનું વજન માત્ર બે તોલા છે, તેમાં તેટલોજ વેગ ઉત્પન્ન કરવાને જે બળ લાગશે, તેના કરતાં પાંચ ગણું વધારે થશે; કેમકે મોટા અને નાહાના ગોળામાં એક સરખો વેગ છે તોપણ, મોટો ગોળો નાહાના ગોળા કરતાં પાંચ ગણો વધારે બળે ચાલેછે. પણ જો નાહાના ગોળાનો વેગ પાંચ ગણો વધાર્યો તો મોમેંટમ બરોબર થશે; કારણકે તારે તે બેઉનાં મોમેંટમ ૧૦×૧=૧૦, અને ૨×૫=૧૦, એ પ્રમાણે બરોબર આવેછે. એ ઉપરથી સ્પષ્ટ દીસેછે કે પદાર્થનું મોમેંટમ બે રીતે વધેછે; એક રીતી એ કે જે વેગે તે પદાર્થ ચાલતો હોય, તેજ વેગ કાયમ રાખીને તેના પ્રકૃત્યંશ વધાર્યાથી, અને બીજી રીતી એ કે તેનાં વજનમાં અંતર ન પાડતાં તેનો વેગ વધાર્યાથી. કોઈ માણસને પોતાથી દશ ફુટને અંતરે, એક મણનો બોજો ફેંકવાને જે બળ લાગશે, તેનાં કરતાં, તેથી બમણા એટલે બે મણના બોજાને, તેટલેજ અંતરે નાખવાને, અથવા તેટલાજ બોજાને તેથી બમણા અંતરે નાખવાને બમણુ બળ લાગશે; પણ જો અગાઉ કરતાં તે વધારે બળથી ન ફેંકે, તો તે બે મણનો બોજો માત્ર પાંચ ફુટને અતરે પડશે, અને તેથી બેઉ પદાર્થોનું મોમેંટમ બરોબર થશે, કેમકે ૧×૧૦=૨×૫. તેમાટે પદાર્થોનાં વજનમાં ગમે તેટલું અંતર હોય તોપણ, જો તેઓનો

વેગ તેઓનાં વજનનાં વ્યસ્ત પ્રમાણમાં, એટલે મોટા પદાર્થ કરતાં નાહાનો પદાર્થ તોલમાં જેટલા ગણો ઓછો છે, તેટલા ગણો જો તેનો વેગ મોટા પદાર્થ કરતાં વધારે હોય, તો નાહાના પદાર્થનુ મોમેંટમ મોટા પદાર્થનાં મોમેંટમની બરોબર થશે. અને એજ કારણમાટે દારૂની બનાવટ માલમ પડ્યા પછી લડાઈનાં કામમાં હમાર વાપરતા નથી; કેમકે પચાસ હજાર રતલના હમારનાં જેટલુંજ કાર્ય છત્રીશ રતલના ગોળાને તોપે ઉડાડ્યાથી સિદ્ધ થાયછે; એ સિદ્ધ થવાને એટલુંજ બસ છે કે હમાર કરતાં તોપનો ગોળો, વજનમાં જેટલા ગણો ઓછો છે તેટલા ગણા વધારે વેગથી તે ઉડાડવો જોઇએ.

ભાગ બીજો.

સર્વ ચલનોનાં મૂળતત્વો ત્રણ પ્રકારમાં આણી મુકાયછે, તેમને ચલનના ત્રણ નિયમો કેહેછે.

પેહેલો ચલન નિયમ.—જાંહાંસુધી કાંઈ પ્રેરણાઓનાં જોરથી પદાર્થને પોતાની સ્થિતી બદલવાની જરૂર પડતી નથી, તાંહાંસુધી તેજ સ્થિતીમાં રેહેછે; એટલે,—પ્રત્યેક પદાર્થ, સ્થિર હોય, તો સ્થિર રેહેછે,

અથવા, ગતિમંત હોય, તો સીધી લિટીમાં સમગતીએ ચાલ્યા કરેછે.

શિખનારાઓને ખુલ્લી રીતે માલુમ પડશે કે, આ નિયમ પાછળ કહેલા પ્રકૃતીનાં જડત્વના આધાર ઉપર છે, કેમકે તેથકી બાહારનાં બળોનો વ્યાપાર થયા શિવાય પદાર્થ ચાલશે નહીં, એટલોજ બોધ થતો નથી, પરંતુ જો તે એક વાર ચલન પામે તો, જાંહાંસુધી કાંઈ બીજાં બળથી તેની ગતિને અટકાવ થાય, તાંહાંસુધી તે ચાલ્યા કરશે, એ પણ બોધ થાયછે. તે માટે પદાર્થને એક વાર ગતિ પ્રાપ્ત થઈ એટલે, જાંહાંસુધી બાહારનાં બળ, જેવાં કે વાહુનો પ્રતિબંધ, ગુરુત્વાકર્ષકત્વની શક્તિ અથવા ઘર્ષણ, એઓથી તે ગતિ બંધ અથવા નરમ પડતી નથી, તાંહાંસુધી તેની તે ગતિ નિરંતર જારી રેહેછે, કેમકે જેમ જેમ એ પ્રતિબંધો અધિક અધિક ઓછા થતા જાયછે, તેમ તેમ વધારે વાર સુધી ગતિ જારી રેહેછે; અને એ ઉપરથી એવો નિર્ણય કીધામાં આવેછે કે, જો પ્રતિબંધો બીલકૂલ દૂર થાય તો ગતિ કદી બંધ પડશે નહીં.

પદાર્થ વગર હરકતે ચાલેછે તારે જેમ કાંઈ કારણ વિના તેનાથી પોતાનો વેગ બદલાતો નથી, તેમજ કાંઈ કારણ વિના તેનાથી પોતાનો માર્ગ પણ છોડાતો નથી; તેમાટે વગર હરકતે ચલન પામતી વેળાએ પદાર્થ જેમ સમગતિએ ચાલેછે, તેવોજ તે સીધી લિટીમાં પણ ચાલશે. ગોળી અથવા તીર સીધું ઉપર કે નીચે

માર્યાથી જે ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે, તેથી સીધી ગતીનુ જ્ઞાન સેહેજ થશે.

જે પ્રમાણે કામઠામાંથી તીર અથવા બંધુકમાંથી ગોળી સીધી ઉડેછે, તેજ પ્રમાણે, ગોફણથકી પથ્થર જે ક્ષણે છૂટો પડેછે, તેજ ક્ષણથી તે સીધી લિટીમાં ઉડેછે. જે પદાર્થ વર્તુળમાં અથવા બીજી જાતની વાંકી લિટીમાં ચલન પામેછે, તેને પોતાનાં જડત્વના ધર્મથી બળાત્કારે ઉલટું કરવું પડેછે, અને તેમાટે તેના ઉપર ઓછાંમાં ઓછાં બે બળની યોજના થવી જોઇએ. પદાર્થને વાંકા માર્ગમાં રાખવાને જે બળ જોઇએ છૈયે, તેને મધ્યાકર્ષ અથવા મધ્યબિંદુ તરફ ખેંચનારું બળ કેહેછે. અને જડત્વના યોગથી આગળ અથવા સીધી લિટીમાં ચાલવાનો જે રોંખ, તેને મધ્યોત્સારી અથવા મધ્યથકી ઉડાવનારું બળ કેહેછે.

સર્વ ઠેકાંણે મધ્યોત્સારી બળના યોગથી, પદાર્થમાં મધ્યબિંદુથકી દૂર જવું એવું વલણ ઉત્પન્ન થાયછે. અને જારે એની અને મધ્યાકર્ષ બળની યોજના સાથે થયલી હોયછે તારે વર્તુળ ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે. આ વાત પેહેલા ચલન નિયમને મળતી છે, તે નિયમ એ કે, પ્રત્યેક પદાર્થ ગતિમંત હોયછે, તેના ઉપર બીજાં બળનો વ્યાપાર થાય, તાંહાંસુધી તે સીધી લિટીમાં સમગતિએ ચાલ્યા કરેછે.

વર્તુળ ગતીના દાખલાઓ ગ્રહો છે; ઉદાહરણ, ગુરુત્વાકર્ષકત્વના જોરથી ચંદ્રનો હંમેશાં પૃથ્વી તરફ રોંખ હોયછે, અથવા સીધી લિટીમાં જવાનો તેને એક બીજો

રોખ છે, અને આ બે બળનાં એકત્ર કાર્યથી તે વર્તુળગતીમાં ભ્રમણ કરેછે.

તોપમાંથી જે ગોળો ઉડેછે, તે વાંકી લીટીમાં થઇને પૃથ્વી ઉપર પડેછે; એ કાર્ય ગુરૂત્વાકર્ષકત્વનાં જોરથી બનેછે; પણ જો એ બળ અને વાયુનો પ્રતિબંધ, ન હોત, તો તે સીધી લીટીમાં આગળ ચાલ્યા કરત.

પાણીએ ભરેલાં કાચનાં પવાલાંને ગોફણમાં મુકીને આસ્તે આસ્તે તેનો વેગ, વધારીને તેને ઝડપથી ફેરવ્યું તોપણ તેમાંનું પાણી ઢળશે નહીં. અને પવાલાંનું મોંહોં નીચે થાયછે તો પણ તેમાંથી પાણી નિકળી જતું નથી; કેમકે તે માંહિનાં પાણીને, ગુરૂત્વાકર્ષકત્વનાં જોરથી પૃથ્વી તરફ ગયા કરતાં, તેના જડત્વ અથવા મધ્યોત્સારી બળથી ચલનમધ્યથકી ઉડીને પવાળાંને તળીએ જવાનો વધારે રોખ છે. અધું તૈયાર થયલું નરમ માટીનું વાસણ કુંભારના ફરતાં ચાક ઉપર માત્ર તેની બાજુના મધ્યોત્સારી બળથી છાછર અથવા પોહોળું થાયછે, અને તેથી કરીને તેનો બરોબર ઘાટ આણવાને કુંભારને મદદ મળેછે.

મધ્યોત્સારી બળના યોગથીજ ઘોડસ્વાર નાહાના કુંડાળામાં પોતાની કવાયતના ખેલો કરી શકેછે; મધ્યોત્સારી બળથી બાહાર ઉડવાનો જે તમનામાં જોસ્સો હોયછે તે ભાગવાને માણસ તથા ઘોડો, એ બેઉ પોતાના શરીરને અંદરથી વાંકું વાળેછે. રસ્તાના વાંક આગળ રહીને ગાડીઓ ઝડપથી જાયછે, તારે ઘણી વાર હુંધી વળેછે; એવું થવાનું કારણ એ કે ગાડીનો તેના જડત્વથી

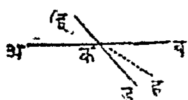
આગળ વધવાનો રોખ હોયછે તે મટતો નથી એટલામાં, ઘોડાઓ એકાએક પઇડીને નવા માર્ગમાં ઝડપથી ફેરવેછે.

પાવડી પેહેરીને બરફ ઉપર રમેછે તે ઠેકાણે ચલન નિયમોના ઉત્કૃષ્ટ દાખલાઓ નજરે પડેછે. હરેક માણસ બરફ ઉપર એ પ્રમાણે મોટા વેગથી રમતો હોય, તેને જો મરોડ ખાવો પડે તો, તે વેળાએ તે પોતાના શરીરને સારીપેઠે નમાવેછે——અને એથી કરીનેજ બરફ ઉપર ચપળ રમનારાઓ જે જાત જાતની અંગસ્થિતીની રમત કરેછે તે બની આવેછે.

જડત્વને લીધે પદાર્થ જે દિશામાં ચાલતો હોયછે તે દિશા, પોતાનીમેળે બદલી શકતો નથી. ઉપર બતાવ્યું છે કે જો પદાર્થ ઉપર માત્ર એકજ બળનો આઘાત થાય, અને તેને કાંઈ પ્રતિબંધ નડે નહીં, તો જે દિશામાં પેહેલો તેને આઘાત થયો હશે, તે દિશા તરફથી સીધી લીટીમાં તે ચાલ્યા કરશે: તે લીટીને તેની ગતીનો ક્રમણ માર્ગ એમ કેહેછે, અને જાંહાંસુધી તે પદાર્થ ઉપર બિજાં બળનો વ્યાપાર થશે નહીં, તાંહાંસુધી તે તેજ માર્ગમાં ચાલ્યા કરશે.

આપણે હજીસુધી માત્ર સીધી લીટીમાં બળનો વ્યાપાર થયાથી શું પરિણામ થાયછે તેનો વિચાર કીધો; પણ એ પ્રમાણે કાંઈ હંમેશાં બનતું નથી, કેમકે જે દિશામાં આગળ પ્રેરણા થઈ હોયછે તેની સાથે ખુણો થાય એવી રીતે, આ આગળની આકૃતિ પ્રમાણે, ઘણી ખરી વાર નવી પ્રેરણા થાયછે. મનમાં આણ કે કોઈ

એક પદાર્થ अव लीटीमां चालेछे, अने एम धार के
જારે તે क બિંદુ આગળ આવ્યો, તારે તેના ઉપર इड
માર્ગમાં એક નવી પ્રેરણા થઈ. હવે એ ખુલ્લુંજ છે
કે તે માર્ગમાં એટલે इड લીટીમાં આકૃતિ ૧.



તે ચલન પામશે નહીં; કારણ કે તે
अक લીટીમાં પ્રેરણા થઈ છે તેથી
કરીને તે इड લીટીમાં ચાલી શકશે
નહીં, અને તેમજ कड લીટીમાં પ્રેરણા થઈ છે તેથી
કરીને તે अव લીટીમાં ચાલી સકશે નહીં; તે ઉપરથી
એવું સિદ્ધ થાયછે કે, તે તે બેઉની વચ્ચે એકાદાં નવા
માર્ગમાં જશે, જેમકે कह, અને આગળના ભાગમાં
એ દેખાડવામાં આવશે કે જુની કરતાં નવી પ્રેરણા જે
પ્રમાણે વધારે અથવા ઓછી હશે, તે પ્રમાણે कह
લીટીની સ્થિતિ, कड લીટીની પાસે અથવા તેથી
દૂર થશે.

ભાગ ત્રિજો.

બિજો ચલન નિયમ.

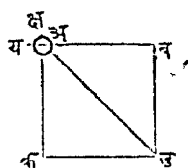
જારે ગતિમંત પદાર્થ ઉપર એકાદી પ્રેરણા થાયછે, તારે તે પ્રેરણાના માર્ગમાં અને તેના મહત્વના પ્રમાણમાં તેની ગતિ બદલાયછે.

જેટલા ઔંસનું હશે, તેટલા ઇંચિની હન લીટી થશે. આ દાખલામાં વજન અને લંબાઇના વિભાગ માટે ઔંસ અને ઇંચિ લીધાં છે, પણ એ ખુલ્લું છે કે વજન અને લંબાઇના માન ગમે તે તોલ અને માપથી લીધાં તો ચાલશે; માત્ર એટલુંજ બનવું જાઇએ કે પ્રત્યેક ઠેકાણે સર્વ લીટીયોને એકજ સંજ્ઞાનું માપ તથા સર્વ વજનોને એકજ સંજ્ઞાનું તોલ લગાડયામાં આવે.

પાછળની બિજી આકૃતીમાં બળોનું સમાંતરબાજુચોખુણ, સવ, વહ, હન અને નસ એ લીટીયોથી બતાવેલું છે, અને હસ લીટી જે સામસામેના ખુણા સાંધેછે તેને કર્ણ કેહેછે. એ સમાંતરબાજુચોખુણની વસ, સન, બાજુઓ જે બળોનો વ્યાપાર સાથે ચાલેછે તેમનાં મહત્વ અને માર્ગ બતાવેછે, તથા સહ કર્ણ તે બેઉનાં કાર્યની બરોબરનું બળ બતાવેછે; આ દાખલો બતાવવાનો હેતુ એજ કે, બે બરોબર વિરુદ્ધ બળોનાં કાર્યથી સમતોલન શી રીતે થાયછે તે માલમ પડે.

હવે આપણે જે ઠેકાણે જુદા જુદા માર્ગમાં લગાડેલાં બળોનાં કાર્યથી સમતોલન ન થતાં ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે તેમના વ્યાપારનો વિચાર કરીશું. પદાર્થ ઉપર બે બળોનો જુદા જુદા માર્ગમાં વ્યાપાર થયાથી જે ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે, તે સમજાવવા માટે આ આગળની આકૃતિ છે. (ત્રિજી આકૃતિ જો.) અ પદાર્થ ઉપર એક એવાં

બળની યોજના કર કે અમુક વ- આકૃતિ ૩.
ખતમાં તે व લગી ચાલી જાય, અને તેજ ક્ષણે अ क માર્ગમાં એવું બળ લગાડ કે તેટલાજ વખતમાં તે પદાર્થ તેટલેજ અંતરે એટલે क સુધી પોહોંચે.



એ પ્રમાણે થયાથી अ પદાર્થ એક બળની શક્તિમાંથી છૂટીને મિશ્ર બળની શક્તિમાં આવશે, અને તે બેઉમાંથી કયા પણ એકના માર્ગમાં તે ચલન પામી શકશે નહીં. કેમકે તે व અથવા क ભણી જવાને બદલે अ ड કર્ણલીટીના માર્ગમાં ચલન પામશે; એ अ ड કર્ણની સ્થિતિ અને લંબાઈ, अ व क ड ચોરસ કરીને તેના સામસામેના अ અને ड ખુણા સાંધ્યાથી માલમ પડશે. આ ઠેકાણે अ ગોળો, આ બેમાંથી એકજ બળ લગાડ્યાથી જેટલા વખતમાં તે ચોરસની આ બેમાંથી એક બાજુને નાકે પોહોંચત, તેટલાજ વખતમાં તે કર્ણને છેડે પોહોંચશે; એટલે अ ગોળો क्ष બળથી જેટલા વખતમાં क સુધી, અથવા व બળથી य સુધી જાત, તેટલાજ વખતમાં તે ड આગળ જઈ પોહોંચશે. એ ખુલ્લું છે કે अ क માર્ગમાં જે પ્રેરણા થયલી છે તેના જોરથી તે પદાર્થ व ड લીટી જે अ क સાથે સમાંતર છે, તેની પાસે અથવા તેની લંબાઈ કરતાં દૂર જઈ શકશે નહીં; તેટલા માટે તેને अ क માર્ગમાં કાંઈ ગતિ પ્રાપ્ત થઈ ન હોત, તારે તે જેટલી વારમાં व ड લીટીમાં જાત, તેટલીજ વારમાં તેટલે અંતરે તે હાલ પણ જશે. અને તેજ પ્રમાણે अ व માર્ગમાં જે ગતિ પ્રાપ્ત થયલી

છે તેથી તે પદાર્થ કાંઈ कड थकी દૂર જનાર કિંવા પાછો હઠનાર નથી; તેટલા માટે એ ઉપરથી એ નિકળેછે કે, એ બે ગતિયોના યોગથી તે પદાર્થ कड અને डव એ બંને લીટીમાં માલમ પડશે; અને તેથી કરીને તેમના ड છેદનબિંદુ આગળ તે આવશે. જે વાહાણ પૂઠનો પવન લાગ્યાથી દક્ષિણ તરફ જાયછે, તેજ વાહાણ ભરતી અથવા તાણના જોરથી, જો તેટલુંજ દૂર પૂર્વ તરફ ઘસડાઈ જાય, તો પ્રત્યેક ક્ષણે તે થોડું દક્ષિણ અને થોડું પૂર્વ ભણી જશે; અને વસ્તુત: તે બેઉની વચ્ચે એટલે અગ્ની કોણમાં હંકારાશે. જો કયા પણ પદાર્થ ઉપર બે બળોનો વ્યાપાર થાય, જેમકે પવન અને ભરતી, પછી તે વ્યાપાર સાથે અથવા એક પછી એક એ પ્રમાણે થાય, તોપણ ફળ એક સરખુંજ થાયછે; ઉદાહરણ, જો પવનનાં જોરથી વાહાણ એક મૈલ હંકરાય, જેમકે अ થી તે क લગી (આકૃતિ ૩.) અને પછી તરત ભરતીના જોરથી પૂર્વ તરફ એક મૈલ ઘસડાય, જેમકે क થી ड લગી, તો તેના ઉપર તે બળોનો એકે વખતે વ્યાપાર થયાથી અગ્ની કોણમાં હંકરાઈને अड લીટીને છેડે આવત, તેજ ઠેકાણે એટલે ड આગળ હવડે પણ આવશે. તેટલા માટે अक અને अव એ બે લીટીયો ગતિ ઉત્પન્ન કરનારાં બળોનું માન તથા દિશા બતાવવાને દોર, અને પછી તે માંહેના એકને અથવા તેની બરોબરના બિજાને, બિજાને નાકે મેળવ, જેમકે कड ને अक માં, અને वड ને अव માં; એ પ્રમાણે થયાથી ચોરસ અથવા સમાંતરબાજુઓ-

ખુણ તૈયાર થશે, અને તે માંહેની વચમાંની લીટી જેને કર્ણ કેહેછે, તે તે બળોનું ફળમાન, તથા તે પદાર્થ તે બે બળોનાં જોરથી જે માર્ગ ધારણ કરશે તે બતાવેછે.

એકલું ड अ બળ જે યંત્રશાસ્ત્રની રીતે જોતાં अक અને अव એ બે બળોની બરોબર છે, તેને ફળમાન કેહેછે; અને अक, अव, એ બળોને અવયવો કેહેછે. જારે અવયવોને બદલે ફળમાનનો ઉપયોગ થાયછે તારે તે ક્રિયાને બળનો સંઘાત કેહેછે. જારે એકજ બળ, જે બે અથવા વધારે બળોનું ફળમાન છે, તેને બદલે તેના અવયવોનો ઉપયોગ થાયછે તારે તે ક્રિયાને બળનું ભેદન કેહેછે.

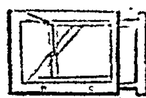
બે બળો બરોબર છે એમ ન ધારતાં, એવું ધારીએ કે अ પદાર્થને व તરફ હડશેલનારૂં બળ, તે પદાર્થ જે બળથી क તરફ હડશેલાયછે, તેના કરતાં બમણું અથવા ત્રમણું છે, તો अ व લીટી अ क લીટી કરતાં લંબાઇમાં બમણી અથવા ત્રણગણી લાંબી દોરવી જોઇએ; અને તેટલામાટે આ ઠેકાણે ફળમાનનું માન અને તેની દિશા, ચોરસના કર્ણથી ન માલમ પડતાં ચોથી આકૃતિ પ્રમાણે સમાંતરબાજુચોખુણ અથવા દીર્ઘચોખુણના કર્ણથી માલમ પડેછે; અને બળો જો હરેક બિજા પ્રમાણમાં હશે તોપણ એજ રીતે ફળમાન કાહાડતાં આવડશે.

આકૃતિ ૪. મિશ્ર બળોનો વ્યાપાર તથા તેઓથી



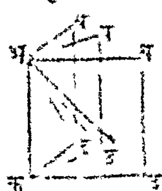
જે ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે, તેનું જ્ઞાન ઘણી મઝેથી આ આગળની પાંચમી આકૃતિના નકશા માફક એક નાહાનું યંત્ર છે, તેથી થાયછે. એ યંત્ર, બે હલકાં તથા એક બિજામાં સરકે એવાં લાકડાંનાં ચોકઠાંથી બનેલું છે; તેમાંના એક ચોકઠા સાથે એક ઉભો (એટલે લંબ) તાર હોયછે, તેમાં એક ગોળો સરકેછે, અને તે ગોળાને બાંધેલી દોરી બિજા ચોકઠામાંથી બાહાર નિકળેછે; તેટલા માટે જો ચોકઠાને ખેંચીએ તો તેના ગમનથી એક બળ, અને દોરી ખેંચ્યાથી બિજું એવાં બે બળ તે ગોળાને પ્રાપ્ત થશે; અને પછી એ પ્રમાણે માલમ પડશે કે, તે માંહેના એક ચોકઠાંની નીચેથી કિવા ઉપરથી તે ગોળો ભ્રમણ કરેછે, તથાપિ બિજાના કર્ણના માર્ગમાં તે ગમન પામેછે.

આકૃતિ ૫. સમાંતરબાજુચોખુણનો કર્ણ કોઈ વે-



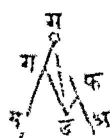
ળા પણ તેની બે બાજુની બરોબર થઈ શકતો નથી, તથા બે બાજુથી થયલો ખુણો જેમ જેમ વધેછે, તેમ તેમ કર્ણ ઓછો થતો જાયછે, તેમાટે બળનાં ભેદન હંમેસાં શક્તિની હાણ થાયછે એવો નિર્ણય કીધામાં આવેછે. આ પાસેની છઠ્ઠી આકૃતિ ઉપરથી માલમ પડસે કે, જેમ જેમ મોટો ખુણો થઇને બળોનો વ્યાપાર થાયછે, તેમ તેમ બળોના ભેદન વખત, વધારે વધારે

આકૃતિ ૬.



હાની પાંહાંચેછે. જો અ ગ, અ ક, કયાપણ સમાંતરબાજુઓપુણની બાજુઓ બે બળોના માર્ગ બતાવે. અને અ ડ કર્ણ તેમના ફળમાનનું માન અને માર્ગ બતાવે, તો એ ઉઘાડું છે કે જેમ જેમ ગ અ ક ખુણો વધતો જાયછે, તેમ તેમ અ ડ ની લંબાઈ ઘટતી જાયછે.

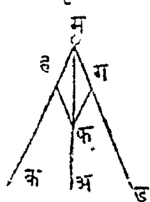
આકૃતિ ૭.



મનમાં આણ કે મ અ, મ ગ, દિશામાં (સાતમી આકૃતિ પ્રમાણે) મ ગોળા ઉપર બે બળોના આધાર થાયછે. અને એવું ધાર કે તે ગોળા ઉપર મ અ લીટીમાં જે બળ લાગુ પડેછે, તેનું માન મ ફ જેટલું છે, તથા મ ગ માં જે લાગુ પડેછે તેનું માન મ ગ બરોબર છે; ગ બિંદુ થકી એક લીટી મ અ સાથે સમાંતર દોર, અને ફ થકી મ ગ સાથે, અને એવું ધાર કે તે લીટીયોનું ડ આગળ છેદન થાયછે. તારે મ થી તે ડ સુધી એક લીટી દોરી તો તે, કર્ણ અથવા ફળમાનનો માર્ગ થશે.

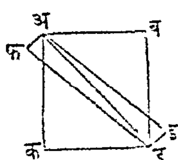
બે બળોને મિશ્ર કરીને તેમનું ફળમાન કેમ કાહાડવું તે આ ઉપરના દાખલાથી માલમ પડેછે. , હવે આપણે કયાપણ એક બળને ફળમાન જાણીને, તેમનું મિશ્ર બે બળોમાં શી રીતે ભેદન કરવું તેનો વિચાર કરીશું.

આકૃતિ ૮.



મનમાં આણ કે म ગોળાને આકૃતિ (૮) જે બળ લગાડેલું છે તેનો માર્ગ मअ લીટી બતાવેછે, તથા તે કહેલા બળનું માન मफ જેટલું છે; અને વળી એવું ધાર કે, मक, मड, માર્ગમાં તે બળનું ભેદન કરવાનું છે; फ બિંદુ થકી फग, फह, એ બે લીટીયો તે બે લીટીયો સાથે સમાંતર દોર; તારે मफ ને ફળમાન અથવા સમતૂલ્ય માન્યાથી, मग, मह, એ બે ઇચ્છેલા બળોનું માન બતાવશે.

આકૃતિ ૯.

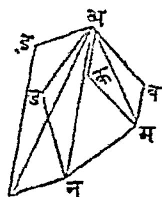


આ આગળની નવમી આકૃતિમાં अड લીટી, अबकड ચોરસ તથા अइडफ સમાંતરબાજુચોખુણ એ બેઉનો કર્ણ છે; અને એ ઉપરથી માલમ પડી આવશે કે, કયાપણ બે બળો જેમનાં માન અને દિશા, ચોરસ અથવા સમાંતર-બાજુચોખુણની બે પાસેની બાજુઓ બતાવેછે, એવાં જુદાં જુદાં બળોનો વ્યાપાર કોઈ પદાર્થ ઉપર થયાથી તે એકજ (એટલે બેઉ આકૃતીને સાધારણ એવા) કર્ણમાં ગમન પામી શકશે.

કયા પણ પદાર્થ ઉપર એકે કાળે ગમે તેટલાં અને ગમે તે દિશામાં બળોનો વ્યાપાર થાય, તેઓને મિશ્ર કરીને હંમેસાં એક ફળમાન કાહાડવાને કાંઈ મુશ્કેલ

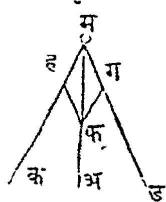
નથી. ઉદાહરણ, જો એકે કાળે અ પદાર્થ ઉપર (આકૃતિ ૧૦ મી) ચાર બળોનો વ્યાપાર થાય, જેમનાં પરિમાણ અને દિશા અવ, અક, અડ અને અઇ, એ લીટીયો બતાવેછે, તો પેહેલાં વમ અને કમ લીટીયો અનુક્રમે

આકૃતિ ૧૦.



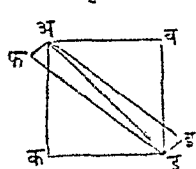
અક અને અવ સાથે સમાંતર દોર; એ પ્રમાણે કીધાથી અવમક એ સમાંતરબાજુચોખુણ થશે: માટે જો અ થી તે મ સુધી એક લીટી દોરી તો, તે તે સમાંતરબાજુચોખુણનો કર્ણ થશે, અને તેટલા માટે જો અ પદાર્થ ઉપર અવ અને અક નોજ વ્યાપાર થયો હોત તો, તે અમ દિશામાં ચલન પામત. અવ, અને અક, એ બે બળોના વ્યાપારથી તે પદાર્થ ઉપર જે કાર્ય થાયછે, તે અમ લીટીની લંબાઈ અને માર્ગથી માલમ પડેછે. એ બતાવ્યું; તેટલા માટે હવે અવ, અને અક ને માત્ર એક બળ—અમ ની બરોબર ગણીશું. હવે તેને અડ સાથે મિશ્ર કીધાથી અમનડ સમાંતરબાજુચોખુણનો, અન કર્ણ મળશે, અને તે અમ, અડ, અથવા તેમની બરોબરીનાં અવ, અક, અને અડ, એ ત્રણ બળોના વ્યાપારથી તે પદાર્થ જે દિશામાં ચાલશે તે બતાવશે. એ પ્રમાણે ત્રણ બળોને, એક બળ જેનો વ્યાપાર અન લીટીથી માલમ પડેછે, તેમાં આણી મુક્યા પછી, આપણે અઇ જે ચોથું અને બાકી રેહેલું બળ તેને સેહેલથી અન સાથે એકઠું કરી સકીશું, કારણ, અઇ અને ન એ બે બળોનું ફળમાન, અઇગન એ સમાંતર-

આકૃતિ ૮.



મનમાં આણ કે म ગોળાને આકૃતિ (૮) જે બળ લગાડેલું છે તેનો માર્ગ मअ લીટી બતાવેછે, તથા તે કહેલા બળનું માન मफ જેટલું છે; અને વળી એવું ધાર કે, मक, मड, માર્ગમાં તે બળનું ભેદન કરવાનું છે; फ બિંદુ થકી फग, फह, એ બે લીટીયો તે બે લીટીયો સાથે સમાંતર દોર; તારે मफ ને ફળમાન અથવા સમતૂલ્ય માન્યાથી, मग, मह, એ બે ઇચ્છેલા બળોનું માન બતાવશે.

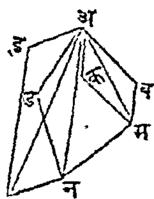
આકૃતિ ૯.



આ આગળની નવમી આકૃતિમાં अड લીટી, अबकड ચોરસ તથા अइडफ સમાંતરબાજુચોખુણ એ બેઉનો કર્ણ છે; અને એ ઉપરથી માલમ પડી આવશે કે, કયાપણ બે બળો જેમનાં માન અને દિશા, ચોરસ અથવા સમાંતર-બાજુચોખુણની બે પાસેની બાજુઓ બતાવેછે, એવાં જુદાં જુદાં બળોનો વ્યાપાર કોઈ પદાર્થ ઉપર થયાથી તે એકજ (એટલે બેઉ આકૃતીને સાધારણ એવા) કર્ણમાં ગમન પામી શકશે.

કયા પણ પદાર્થ ઉપર એકે કાળે ગમે તેટલાં અને ગમે તે દિશામાં બળોનો વ્યાપાર થાય, તેઓને મિશ્ર કરીને હંમેસાં એક ફળમાન કાહાડવાને કાંઈ મુશ્કેલ

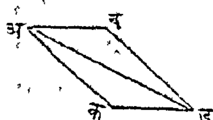
નથી. ઉદાહરણ, જો એક કાળે અ પદાર્થ ઉપર (આકૃતિ ૧૦ મી) ચાર બળોનો વ્યાપાર થાય, જેમનાં પરિમાણ અને દિશા अव, अक, अड અને अइ, એ લીટીયો બતાવેછે, તો પેહેલાં वम અને कम લીટીયો અનુક્રમે अक અને अव સાથે સમાંતર દોર; એ પ્રમાણે કીધાથી अवमक એ સમાંતરબાજુચોખુણ થશે: માટે જો अ થી म સુધી એક લીટી દોરી તો, તે તે સમાંતરબાજુચોખુણનો કર્ણ થશે, અને તેટલા માટે જો अ પદાર્થ ઉપર अव અને अक નોજ વ્યાપાર થયો હોત તો, તે अम દિશામાં ચલન પામત. अव, અને अक, એ બે બળોના વ્યાપારથી તે પદાર્થ ઉપર જે કાર્ય થાયછે, તે अम લીટીની લંબાઈ અને માર્ગથી માલમ પડેછે. એ બતાવ્યું; તેટલા માટે હવે अव, અને अक ને માત્ર એક બળ—अम ની બરોબર ગણીશું. હવે તેને अड સાથે મિશ્ર કીધાથી अमनड સમાંતરબાજુચોખુણનો, अन કર્ણ મળશે, અને તે अम, अड, અથવા તેમની બરોબરીનાં अव, अक, અને अड, એ ત્રણ બળોના વ્યાપારથી તે પદાર્થ જે દિશામાં ચાલશે તે બતાવશે. એ પ્રમાણે ત્રણ બળોને, એક બળ જેનો વ્યાપાર अन લીટીથી માલમ પડેછે, તેમાં આણી મુક્યા પછી, આપણે अइ જે ચોથું અને બાકી રેહેલું બળ તેને સેહેલથી अन સાથે એકઠું કરી સકીશું, કારણ, अइ અને न એ બે બળોનું ફળમાન, अइगन એ સમાંતર-



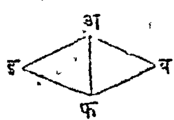
બાજુચોખુણના અગ કર્ણથી માલમ પડશે, અને તેનાજ માર્ગમાં તે ચાર બળનાં એકત્ર કાર્યથી તે પદાર્થ ચલન પામશે. અને એ પ્રમાણે ગમે તેટલાં બળોનું ફળમાન કાહાડવું હશે તો તે નિકળશે.

જો કોઈ પદાર્થ अ થી તે व સુધી એક મિનીટમાં अव દિશામાં ચલન પામે (આકૃતિ ૧૧,) અને તે પદાર્થને તેટલાજ વખતમાં એક બિજી ગતિ अक દિશામાં क સુધી લઈ જાય, તારે તે નવા બળના યોગે કરીને તેની ગતિ કેટલી વધશે, એ જાણવાની ઇચ્છા હોય તો, માત્ર આપણે તે જાણવાને સમાંતરબાજુચોખુણ તૈયાર કરીને તેનો अड કર્ણ દોરવો; હવે अड ની લંબાઈ अव કરતાં જેટલી વધારે થશે, તેટલો अक બળના યોગથી अव ના વેગમાં વધારો થયો એમ જાણવું. અને તેજ પ્રમાણે अक ને બદલે બારમી આકૃતિ પ્રમાણે अइ બળ લગાડ્યું તો, એ ખુલ્લું છે કે, આ બળની દિશા अव થી વિરુદ્ધ છે, અને તેટલા

આકૃતિ ૧૧.



આકૃતિ ૧૨.



માટે તેના યોગે કરીને अव નો વેગ વધવાને બદલે ઉલટો ઘટશે; આગળ પ્રમાણે આપણે સમાંતરબાજુચોખુણ તૈયાર કરીને अफ કર્ણ દોરવો, અને अव લીટી

જેટલી ફઅ કર્ણથી વધારે થશે, તેટલા વેગની આ નવા બળથી હાનિ પોંહોંચશે.

આ નીચેના મૂળભૂત નિયમની સ્થાપના ઉપરકહેલાં મૂળતત્વોના આધાર ઉપર થયલી છે: "જો કોઈ પદાર્થ ઉપર એકે કાળે બે ગતિ ઉત્પન્ન કરનાર બળોનો વ્યાપાર થાય, એવી રીતે કે પ્રત્યેક બળથી તે પદાર્થ કયા પણ કહેલા વખતમાં સમગતિએ ચોરસ અથવા સમાંતર-બાજુચોખુણની બાજુમાં ગમન પામે, તો તે પદાર્થ તે ચોરસ અથવા સમાંતરબાજુચોખુણના કર્ણમાં ચલન પામશે, અને તે કર્ણને છેડે તેટલાજ વખતમાં સમગતિએ પોહોંચશે."

જે બળોના યોગથી સમાંતરબાજુચોખુણની બાજુ-ના માર્ગમાં ચલન ઉત્પન્ન થાયછે, તેને અમિશ્ર બળો કેહેછે; અને જે એકલા એક બળથી કર્ણના માર્ગમાં ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે, તેને ફળમાનપ્રદ બળ અથવા કોઈ વેળાએ સમમૂલ્ય બળ કેહેછે.

વળી કહ્યું પણ એક બળ, જેના યોગે કરીને કોઈ લીટીમાં ગમન પેદા થાયછે, તે બળ બે અથવા વધારે બળોના એકત્ર વ્યાપારથી થાયછે, એવું ધાર્યું તો ચાલશે. આનો દાખલો નેહેરની બે બાજુએ વાહાણને દોરડાં બાંધીને માણસ અથવા ઘોડાઓ ખેંચેછે તેથી મળેછે; તે ઠેકાણે વાહાણને તે બંને ઘોડાઓ સિધા પોતપોતાના દોરડાંના માર્ગ તરફ ખેંચેછે; અલબત વાહાણ કાંઈ બં-નેની તરફ જઈ શકતું નથી, અને તેથી કરીને તેને

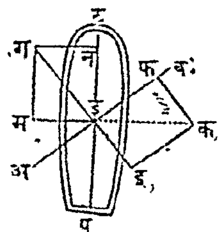
જે ગતિ પ્રાપ્ત થાયછે, તે તે બેઉનો વ્યાપાર એકત્ર થવાથી થાયછે.

આને બળનો સંઘાત કેહેછે. આ ઉપરના દાખલામાં ઘોડાઓના માર્ગમાં અને તેમના બળોનાં પ્રમાણ પ્રમાણે, જે બે બળોનો વ્યાપાર થાયછે, તેઓનો એક બળમાં સંઘાત થાયછે એમ કેહેછે; અને તે નવું બળ આ ઠેકાણે વાહાણની આગળની ગતીથી બતાવ્યામાં આવેછે.

એકે કાળે ઘણીએક શક્તિઓના વ્યાપારથી ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે, એવા સૃષ્ટીમાં અસંખ્યાત દાખલાઓ છે. કોઈ પણ વાહાણ પવન અને ભરતી એ બેઉના જોરથી ચાલે એ એક દાખલો. જે નદીમાં તાણ ન હોય તેમાંથી જો મછવો હેલ્લેસાં મારીને હંકાર્યો તો તે કિનારાથી સીધો એટલે લંબ માર્ગમાં જશે; અને જો તેમાં તાણ હશે તો વગર હેલ્લેસાં મારવે તે આગળ કિનારાની સામેનો સામે એટલે સમાંતર ચાલ્યો જશે; પણ જો તે બેઉ બળોનો વ્યાપાર સાથે ચાલે, એટલે, જો હેલ્લેસાંના જોરથી તેનું સીધું સામે પાર જવાનું વલણ હોય, અને તાણના જોરથી તેમાં કિનારાની સમાંતર રહીને આગળ જવાનું વલણ હોય, તો તે બેઉમાંથી એકના બળને સ્વાધીન ન થતાં, બળના ભેદનના નિયમ પ્રમાણે જે માર્ગ હશે, તેજ વચલા માર્ગમાં તે ચલન પામશે. તે સમય જો મછવાને સામે પાર સનમુખ લઈ જવાનો હોય, તો હેલ્લેસાં મારનાર તાણના વેગનો સુમાર ધ્યાનમાં લાવીને, સિધો નલઈ જતાં આડકતરો હંકારી લઈ જાયછે.

મનમાં આણ કે પટ એક વાહાણ છે (આકૃતિ ૧૩.) અને अ व સડની દિશા બતાવે-છે, અને એવું ધાર કે પવન क ड તરફનો છે: હવે જો પ-વનનું બળ બતાવવાને क ड

આકૃતિ ૧૩

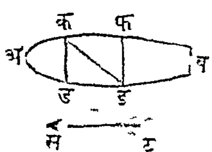


લીટી લીધી તો તેનું ड इ લીટી જે સડના માર્ગને લંબ છે તેમાં તથા फ ड જે સડની સફાઇમાં છે તેમાં ભેદન થશે; એ ઉઘાડું છે કે આ છેલ્લું એટલે फ ड માર્ગમાં જે બળ છે તેથી કાંઈ સડ દબાતો નથી, પણ આગળના બળથી એટલે इ ड થી વાહાણ ड ग માર્ગમાં ચાલશે. હવે જો ड ग નું ड न અને ड म માં ભેદન કીધું તો, ड न વાહાણના પઠાણના માર્ગમાં જે વ્યાપાર થશે તે બતાવશે; અને ड म તે દિશાના લંબ માર્ગમાં અથવા વાહાણની પોહો-લાઈ ભણી જે વ્યાપાર થશે તે બતાવશે;. અને એ ઉ-પરથી દિસેછે કે વાહાણને આગળ ચલાવનારૂં બળ ड न છે, અને ड म તો માત્ર તેને બાજુ તરફ હડસેલેછે. વળી, વાહાણના આકાર ઉપરથી એ પણ ખુલ્લું દિસેછે કે તેના પઠાણના ड न માર્ગમાં જે વેગ છે, તેના કરતાં તેની બાજુ તરફથી એટલે ड म દિશામાં ઘણો ઓછો છે. અને એ ड म બાજુના માર્ગને ઘોસ કેહેછે.

એ ઉપરના ખુલાસા ઉપરથી સ્પષ્ટ દિસેછે કે, વાહા-ણના માર્ગથી પવન પ્રાય: વિરૂદ્ધ હોય તો પણ સડ-ના યોગે તે આગળ ચાલી શકશે.

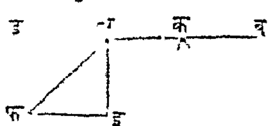
મનમાં આણ કે ચૌદમી આકૃતિ પ્રમાણે अ व, ट स તીરના માર્ગમાં ચાલતું એક વાહાણ બતાવેછે; અને એવું ધાર કે, इ અને फ એ બે માણસ વાહાણમાં સામસામે બેઠેલા છે: હવે જો इ, फ તરફ એક દડી ફેંકે, તો તે, વાહાણ ચાલતું હશે કિંવા સ્થિર હશે તોપણ इफ માર્ગમાં જતી માલમ પડશે; જો વાહાણ સ્થિર હશે તો તે વાસ્તવિક इफ દિશામાં ચલન પામશે; પણ

આકૃતિ ૧૪.



જારે તે ચાલતું હોયછે, તારે એક બિજી ગતિ હોયછે, (જે ગતિ વાહાણના આગળ ચાલવાથી ઉત્પન્ન થાયછે,) તે ગતિના યોગથી તેજ વેળાએ તેના ઉપર इक માર્ગમાં લઈ જવાનો એક બિજો વ્યાપાર બનેછે. તેટલા માટે મિશ્ર ચલનના મૂળતત્વ પ્રમાણે તે પદાર્થ, ફેંકનાર શક્સને इफ માર્ગમાં જતો માલમ પડેછે તોપણ, इक લીટીમાં તે ચલન પામેછે; એમ બનવાનું કારણ એ જે, જે બળ વાહાણને ખેંચી લઈ જાયછે, તે બળ તે દડી અને તે માણસને પણ આગળ લઈ જાયછે.

આકૃતિ ૧૫.



એક છેડેથી બિજા છેડા લગી સરખો અને વાંકો વળી ન જાય એવા अ व ગજીયાને क ખીલ ઉપર એવી રીતે સમતોલ રાખ કે, તેને તે બિંદુની આસપાસ ફરવાને કાંઈ અડચણ પડે નહીં; તે ગજીયાને નાકે अ આગળ જેનો માર્ગ અને પરિમાણ अफ લીટી બતા-

વેછે એવું એક બળ લગાડ; તારે अव સાથે સમાંતર અને તેની ઉપર લંબ એવાં બે દિશામાં વ્યાપાર કરનારાં બળોમાં अफ નું ભેદન થશે, અને તે બળોની દિશા અને માન अड અને अइ લિટીથી માલમ પડશે. હવે એ ખુલ્લું છે કે अड ની પાંતીનું अव ઉપર કાંઈ કાર્ય થનાર નથી, કેમકે એનો વ્યાપાર अव દિશામાં થાયછે, અને अव લીટી કાંઈ क બીલ ઉપરથી ખશી શકતી નથી, તેટલા માટે अइ નું કાર્ય अफ જેટલુંજ થશે; પણ अफ લીટી अइ લીટી કરતાં મોટી છે, તેટલા માટે તેમાંનું બળ अइ માંના બળ કરતાં વધારે થશેઃ અને એ ઉપરથી સિદ્ધ થાયછે કે કયું પણ એક બળ, જેનો વ્યાપાર કાટખુણે (એટલે લંબ માર્ગમાં) થાયછે, તેનું કાર્ય, તેથી વધારે બળ જેનો વ્યાપાર ત્રાંસા માર્ગમાં થાયછે તેની બરોબરજ થશે. અને એ પ્રમાણે ત્રાંસા માર્ગમાં બળની યોજના થયાથી, કેટલું બળ ફોકટ જાયછે, તેનો નિર્ણય થશે; કેમકે એ ઉપરની આકૃતિમાંજ એમ ધારો કે अफ બળની યોજના થઈ છે; હવે એ સ્પષ્ટ દિસેછે કે વસ્તુતઃ જેટલું બળ બસ થશે, તેના કરતાં વધારે બળની યોજના થઈ છે, કેમકે જો તેજ બળની યોજના લંબ માર્ગમાં થાત, તો હાલના કરતાં વધારે કાર્ય ઉત્પન્ન થાતઃ એ પ્રમાણે ત્રાંસા માર્ગમાં જે બળોનો વ્યાપાર થાયછે, તે જો બરોબર માલમ પડે, તો આપણે તે બળનું अइ અને इफ માં ભેદન કરવા શિવાય બિજું કાંઈ કામ નથી; એ થયું એટલે પછી તિર્કસ માર્ગમાં બળની યોજના થવાથી જે न

બળના સઘાત અને ભેદનમાં વિચાર કીધોછે; અને તે સર્વ દાખલાઓમાં એ સિધ્ધ કરી બતાવ્યું છે કે. જે કર્ણની અંદર પદાર્થ ગમન પામશે તે સીધી લીટી થશે, હવે આપણે તે માંહેના એક બળનો વ્યાપાર તેની ઉપર વધતો વધતો થતો જાયછે એવું ધારીને તેનો વિચાર કરીશું, અને એ માલમ પડશે કે આવી રીતે વ્યાપાર થયાથી પદાર્થના ગમનનો માર્ગ વાંકી લીટીમાં થશે. જે પદાર્થો આડકતરા માર્ગમાં સીધા ઉરાડેલા હોયછે, અને જેમના ઉપર તેજ વેળાએ ગુરૂત્વાકર્ષકત્વના બળનો વ્યાપાર ચાલેછે, તે સર્વ પદાર્થો વાંકી લીટીમાં ચલન પામશે: એ ગુરૂત્વાકર્ષકત્વના બળથી પદાર્થની ગતિ હંમેસાં વધતી જાયછે. તેટલા માટે ગમે તે જાતની વાંકી લીટીમાં કયો પણ પદાર્થ ગમન પામતાં આપણી દૃષ્ટીએ પડે, તારે આપણો એવો નિશ્ચય થાયછે. કે ઓછાંમાં ઓછાં એના ઉપર બે બળોનો વ્યાપાર થયો હશે; તે મધ્યેના એક બળના યોગે કરીને તે ગતિમંત થયો હશે, અને બિજાં બળના યોગે કરીને તે બળનો વ્યાપાર ન ચાલ્યો હોત તારે તે પદાર્થ જે સીધી લીટીમાં ગમન પામત, તે માર્ગમાંથી તે ખેંચાતો હશે; અને જે બળે કરીને પદાર્થનું સીધી લીટીમાં ગમન પામવું બંધ થઈને તે વાંકી લીટીમાં ગમન પામેછે, તે બળનો વ્યાપાર જે ક્ષણે બંધ પડેછે, તેજ ક્ષણથી તે પદાર્થ ફરીથી સીધી લીટીમાં ગમન પામશે. ગોળાને તોપના જોરથી ઉરાડ્યાથી, પેહેલ વેહેલાં તે ચલનના પેહેલા નિયમ પ્રમાણે સીધો લીટીમાં આગળ ઉડશે, પણ ગુરૂત્વાકર્ષણ-

વેહે એવું એક બળ લગાડ; તારે अव સાથે સમાંતર અને તેની ઉપર લંબ એવાં બે દિશામાં વ્યાપાર કરનારાં બળોમાં अफ નું ભેદન થશે, અને તે બળોની દિશા અને માન अड અને अइ લિટીથી માલમ પડશે. હવે એ ખુલ્લું છે કે अड ની પાંતીનું अव ઉપર કાંઈ કાર્ય થનાર નથી, કેમકે એનો વ્યાપાર अव દિશામાં થાયછે, અને अव લીટી કાંઈ क બીજ ઉપરથી ખસી શકતી નથી, તેટલા માટે अइ નું કાર્ય अफ જેટલુંજ થશે; પણ अफ લીટી अइ લીટી કરતાં મોટી છે, તેટલા માટે તેમાંનું બળ अइ માંના બળ કરતાં વધારે થશે: અને એ ઉપરથી સિદ્ધ થાયછે કે કયું પણ એક બળ, જેનો વ્યાપાર કાટખુણે (એટલે લંબ માર્ગમાં) થાયછે, તેનું કાર્ય, તેથી વધારે બળ જેનો વ્યાપાર ત્રાંસા માર્ગમાં થાયછે તેની બરોબરજ થશે. અને એ પ્રમાણે ત્રાંસા માર્ગમાં બળની યોજના થયાથી, કેટલું બળ ફોકટ જાયછે, તેનો નિર્ણય થશે; કેમકે એ ઉપરની આકૃતિમાંજ એમ ધારો કે अफ બળની યોજના થઈ છે; હવે એ સ્પષ્ટ દિસેછે કે વસ્તુતઃ જેટલું બળ બસ થશે, તેના કરતાં વધારે બળની યોજના થઈ છે, કેમકે જો તેજ બળની યોજના લંબ માર્ગમાં થાત, તો હાલના કરતાં વધારે કાર્ય ઉત્પન્ન થાત: એ પ્રમાણે ત્રાંસા માર્ગમાં જે બળોનો વ્યાપાર થાયછે, તે જો બરોબર માલમ પડે, તો આપણે તે બળનું अइ અને इफ માં ભેદન

સાન પોંહાંચશે તે સેહેજ નીચેના પ્રમાણ ઉપરથી નિક-ળશે તે પ્રમાણ એ કે, अफः इफ : : આખું બળઃ ફોકટ જનાર બળને:

મોટા મોટા ઘંટો તેમના ભારને લીધે એકલા એક માણસથી વગાડાતા નથી, માટે તેમને વગાડવા સારૂ ઘણા માણસનું એકત્ર બળ લગાડયામાં આવેછે. જે મુખ્ય દોરડું ઘંટસાથે બાંધેલું હોયછે, તેની સાથે બિજાં દોરડાંઓ બાંધીને એક એક માણસ જુદાં જુદાં દોરડાંને ખેંચેછે. બળના સંઘાત અને ભેદનના નિયમ પ્રમાણે મુખ્ય દોરડાંના માર્ગમાં સેહેજ, આ જુદાં જુદાં બળો એક બળમાં મિશ્ર કરાશે.

કનકવા ઉપર પવન અને દોર એ બે બળોનો વ્યાપાર ચાલેછે, એ એક બિજો દાખલો છે; તેમજ માંછલાંની ગતિ, પક્ષીનું ઉડવું, તરવું વગેરે બિજા દાખલાઓ છે.

તુરંગિયોના કવાયતના ખેલો સેહેલથી બનેછે, તેનું કારણ મિશ્રચલનના મૂળતત્વ ઉપરથી સમજાયછે. જે વેળાએ ઘોડો સારીપેઠે દોડઉપર આવેલો હોય તે વેળાએ, ઘોડસ્વાર ઘોડાઉપરથી સીધો લંબ માર્ગમાં કુદી પડે તો, પછી તે જીણ ઉપર હોતો નથી તોપણ તેનામાં ઘોડા જેટલો વેગ હોયછે; અને તેટલા માટે તેનું શરીર આગળ ફેંકવાનું તેને કાંઈ પ્રયોજન નથી, કેમકે ઘોડાસાથે એને સામાન્ય ગતિ છે, તેથીજ આ કામ સિદ્ધ થાયછે, અને એ સામાન્ય ગતિ તથા તે જે ગતીથી સીધો ભુસ્કો મારેછે, તે મિશ્ર કીધાથી તેનું કુદી પડવું સાધ્ય

થાયછે; અને તે માટે જે સમાંતરબાજુચોખુણની એક બાજુ ઘોડાની ગતીના માર્ગમાં અને બિજી તેથી લંબ દિશાએ હોયછે તેના કર્ણમાં તેનું શરીર ગમન પામેછે.

યંત્રશાસ્ત્ર શિખનારાએ અગત્યે કરીને બળના સંઘાત અને ભેદનનાં મૂળતત્વથી સારીપેઠે વાકેફ થવું જોઈએ; કારણ, જે ગતિ ગમે તે રીતે લગાડેલાં બાહ્ય બળોના વ્યાપારથી પદાર્થોમાં ઉત્પન્ન થાયછે તેના ઘણુંકરીને પ્રત્યેક દાખલાના ખુલાસાને અર્થે, એ મૂળતત્વો અગત્યનાં છે. પ્રક્ષેપણ જેના પેટામાં ગોલંદાજીનો વિષય આવેછે તેના સિધ્ધાંતોની સ્થાપના આ મૂળતત્વના આધાર ઉપરથી થઇછે. કારણ ગમે તેટલાં બળથી પૃથ્વીના પૃષ્ઠ નજીક પદાર્થો ફેંક્યા, તો ગુરૂત્વાકર્ષણના બળના સતત વ્યાપારથી તેઓનો અસલ માર્ગ બદલાઇને, તેઓ પૃથ્વી ભણી એક જાતની વાંકી લીટીમાં ગમન પામશે એ સિધ્ધ કરાયછે. આ મૂળતત્વની સાહ્યતાથી સર ઐસાક ન્યૂટને પોતાના પ્રિન્સિપિયા ગ્રંથમાં સૃષ્ટીના ખરા અનુક્રમનું પ્રતિપાદન કીધું છે, તથા ખસ્થ પદાર્થોની જે નિયમથી યોજના અને વ્યવસ્થા થઇછે તે સોધી કાહાડ્યાંછે તથા તેઓનું એક બિજા ઉપર જે કાર્ય થાયછે અને બળ પોંહોંચેછે તેનો નિર્ણય કીધો છે. યાંત્રિક શક્તિનાં તત્વ અને ગુણ સિધ્ધ કરતી વેળાએ પણ એ ઘણું અગત્યનું છે; તે વિષયનો વિચાર આ પુસ્તકના આગળના ભાગમાં કીધામાં આવશે.

જુદાં જુદાં બળોનો એકજ પદાર્થ ઉપર વ્યાપાર થયાથી તે સમગતીએ ચાલેછે તેનોજ માત્ર, પાછળ

બળના સંઘાત અને ભેદનમાં વિચાર કીધોછે; અને તે સર્વ દાખલાઓમાં એ સિદ્ધ કરી બતાવ્યું છેકે, જે કર્ણની અંદર પદાર્થ ગમન પામશે તે સીધી લીટી થશે, હવે આપણે તે માહેના એક બળનો વ્યાપાર તેની ઉપર વધતો વધતો થતો જાયછે એવું ધારીને તેનો વિચાર કરીશું, અને એ માલમ પડશે કે આવી રીતે વ્યાપાર થયાથી પદાર્થના ગમનનો માર્ગ વાંકી લીટીમાં થશે. જે પદાર્થો આડકતરા માર્ગમાં સીધા ઉશડેલા હોયછે, અને જેમના ઉપર તેજ વેળાએ ગુરુત્વાકર્ષકત્વના બળનો વ્યાપાર ચાલેછે, તે સર્વ પદાર્થો વાંકી લીટીમાં ચલન પામશે: એ ગુરુત્વાકર્ષકત્વના બળથી પદાર્થની ગતિ હંમેસાં વધતી જાયછે. તેટલા માટે ગમે તે જાતની વાંકી લીટીમાં કયો પણ પદાર્થ ગમન પામતાં આપણી દૃષ્ટીએ પડે, તારે આપણો એવો નિશ્ચય થાયછે કે ઓછાંમાં ઓછાં એના ઉપર બે બળોનો વ્યાપાર થયો હશે; તે મધ્યેના એક બળના યોગે કરીને તે ગતિમંત થયો હશે, અને બિજાં બળના યોગે કરીને તે બળનો વ્યાપાર ન ચાલ્યો હોત તારે તે પદાર્થ જે સીધી લીટીમાં ગમન પામત, તે માર્ગમાંથી તે ખેંચાતો હશે; અને જે બળે કરીને પદાર્થનું સીધી લીટીમાં ગમન પામવું બંધ થઈને તે વાંકી લીટીમાં ગમન પામેછે, તે બળનો વ્યાપાર જે ક્ષણે બંધ પડેછે, તેજ ક્ષણથી તે પદાર્થ ફરીથી સીધી લીટીમાં ગમન પામશે. ગોળાને તોપના જોરથી ઉશડ્યાથી, પેહેલ વેહેલાં તે ચલનના પેહેલા નિયમ પ્રમાણે સીધી લીટીમાં આગળ ઉડશે, પણ ગુરુત્વાકર્ષણ-

ના બળે કરીને, તે વાંકી લીટીમાં ચલન પામશે, અને તેના ચલન માર્ગનું બદલાવવું જેટલા બળથી પ્રેરણા થઈ હશે તે પ્રમાણે થશે." જાહાંસુધી ગુરુત્વાકર્ષણના નિયમોનું જ્ઞાન શિખનારાઓને થયું નથી, તાંહાં સુધી પ્રક્ષેપણના નિયમો સારી પેઠે તેઓના લક્ષમાં આવશે નહીં; માટે તે વિષયનો વિચાર આગળ એક ભાગમાં કીધામાં આવશે.

ત્રિજો ચલનનિયમ.

હમેશાં પ્રત્યાઘાત આઘાતની બરોબર તથા તેનાથી વિરુદ્ધ થાયછે, અથવા બિજી રીતે કહીયે તો બે પદાર્થોનો એક બિજાઉપર આઘાત બરોબર તથા તેમના માર્ગ સામસામા થાયછે.

જારે એક પદાર્થનો બિજા પદાર્થઉપર પ્રહાર થાયછે, તારે તે બેઉ પદાર્થ, અથવા તે માંહેનો માત્ર એકજ પદાર્થ ગતિમંત હોય, તોપણ ધક્કો બેઉને બરોબર પોંહોચેછે, જો કોઈ માણુસ ઉભો હોય તેની ઉપર બિજો માણુસ દોડીઆવે, તો બંને જણુને ધક્કો લાગશે; અને જો બંને માણુસ એકસરખા અને સામસામા દોડતા હોય તો અગાઉ કરતાં બમણો ધક્કો લાગશે. પણ જો તે માંહેના એક માણુસનો બોજ બિજા કરતાં ઘણો ઓછો હશે તો, તેથી કરીને તેને કાંઈ ભારી માણુસ કરતાં વધારે આંચકો લાગનાર નથી, કેમકે તે બેઉને આંચકા તો એક સરખાજ લાગશે, માત્ર એટલુંજ થશે કે તે નબળો માણુસ ભુંઈ સરખો થશે, અને તે મજ-

બુત ધક્કાને સહન કરશે. આઠઆઠસેં ખાંડીના બે વાહાણો, જેમના વેગ અથવા ચાલ બરોબર છે, તેઓ જો દરીયામાં એક બિજા સાથે અથડાય તો, તેમાંહેનું એક સ્થિર હોય અને સોળસેં ખાંડીનું વાહાણ તે બેઉના જેટલાજ વેગે ચાલતું તેની સાથે અથડાય, તેથી જે તેને આચકો લાગે, તેના જેટલોજ એથી કરીને તે બેઉ વાહાણને લાગશે; અથવા જો એકમાં ૩૦૦ ખાંડી બોજ હોત અને બિજામાં આઠસેં, તો પણ આચકો બરાબર લાગત; માત્ર વિશેષ એકે તે નાહાના વાહાણથી મોટા વાહાણની પેઠે સહન ન થાત.

જો એક સરખી મોટાઇના તથા બરાબર વજનના એક બિજાથી ચાર ગજને અંતરે બે મછવા પાણીમાં તરતા અને સ્થિર હોય, અને તેમાંહેના એકમાંથી કોઈ માણસ દોરડે વતી બિજા મછવાને પોતાભણી ખેંચે, તો જારે બેઉ મછવા સોડાસોડ આવશે, તારે તે બંને બે બે ગજ ખેંચાયા એમ માલમ પડશે; અથવા જો તે બેઉ મછવાઓ જોડાજોડ હોય, અને તેમાંહેના એકની અંદરનો માણસ બિજા મછવાને હડસેલે તો, તે તથા પોતાનો મછવો એક બિજાથી બરોબર અંતરે ખસશે. વળી જો એક મછવો બિજા મછવા કરતાં બમણો હશે તો તે નાહાના કરતાં માત્ર અર્ધે અંતરે ખેંચાશે. એ પ્રમાણે સર્વ ઠેકાણે પદાર્થનો વ્યાપાર એક બિજા ઉપર થયાથી, આઘાત અને પ્રત્યાઘાત બરોબર અને વિરૂદ્ધ માર્ગમાં થાયછે એ માલમ પડેછે.

આઘાત અને પ્રત્યાઘાતના કાર્ય હેલ્લેસાં મારવામાં, તરવા-

માં અને ઉડવામાં સ્પષ્ટ જોયામાં આવેછે. દૃષ્ટાંત, જારે (ब) મછવા માંહેનો (र) માણુસ હેલ્લેસું મારેછે, તારે તે પાણીને (ह) તરફ ખસેડેછે, (આકૃતિ ૧૬); અને પાણી તેટલાજ બળથી તે મછવાને (ड) તરફ હડસેલેછે. તરવું એ હાથ પગથી હેલ્લેસાં મારવા બરાબર છે, એમ ગણ્યું તો ચાલશે, અને તે કામમાં આપણે પાણીને જેટલું પાછળ હઠાવીએ છૈયે, તેટલુંજ પાણી આપણને આગળ હડસેલેછે. ઉડતી વેળાએ પક્ષિયો જારે પોતાની પાંખથી વાયુમાં પ્રહાર કરેછે, તારે તેની વિસ્તૃત થયલી પાંખ ઉપર પ્રત્યાઘાત થયાથી તેઓ આગળ ખેંચાયછે. ઉદાહરણ, જો કોઈ પક્ષી દશ શેર બોજ ઉચકવાને જેટલું બળ જોઈએ, તેટલા બળથી વાયુમાં નીચેની તરફ પોતાની પાંખથી પ્રહાર કરે, તો વાયુના પ્રત્યાઘાતે કરીને તે તેટલાજ બળથી ઉપર હડસેલાશે; અને જો પક્ષીનો ભાર એક શેરનો હશે, તો વાયુના પ્રત્યાઘાતના બળનાં કાર્યથી તે પક્ષી માત્ર નવ શેરને ઉચકવાને જેટલું બળ જોઈએ તેટલા બળથી ઉંચું જશે. એટલે એક કપ્પીમાં તેમાંહેના દોરડાંને એક છેડે લટકતો એક શેરનો બોજો, તેજ દોરડાને બિજે છેડે લટકતા દશ શેરના બોજાના ઉતરવાથી જેટલો ઉંચે ચડશે, તેટલું તે પક્ષી ઉંચે ચડશે. જો પક્ષી માત્ર પોતાના ભાર જેટલાજ બળથી વાયુમાં પ્રહાર કરે, તો તે કેટલીએક વારસુધી ચલન રહિત વાયુમાં લટક્યા કરશે;

આકૃતિ ૧૬.



અને એ પ્રમાણે ઘણીએક વાર સમડી, બાજ અને બિજાં શિકારી પક્ષિઓ જોયામાં આવેછે.

જો લાકડાના કડકાને આંગળીએ વતી દાબ્યો તો આંગળી પણ તેજ પ્રમાણે એકસરખી લાકડાંથી દબારો. જો (अ) ગતિમંત ગોળો (व) સ્થિર ગોળા ઉપર (આકૃતિ ૧૭) પ્રમાણે પ્રહાર કરે, તો (व) ને જેટલી ગતિ પ્રાપ્ત થશે તેટલી (अ) માંથી ઓછી થશે, અને તે પ્રમાણે (अ) નો વેગ કમી થશે. જારે એ પ્રમાણે બનેછે તારે (अ) પદાર્થની ગતિ (व) માં ગઈ અને તેટલામાટેજ તેમાહેના કાંઇએક બળનો અથવા ગતીનો લોપ થયો એમ આપણે કહીયેછેએ; એને (व) પદાર્થનો (अ) પદાર્થ ઉપર પ્રત્યાઘાત કેહેછે. હવે (अ) નું બળ, (व) થકી જેટલો પ્રતિબંધ થાયછે તેથી કાંઈ જાદે ઓછું થતું નથી, તેઉપરથી એવું નિકળેછે કે આઘાત અને પ્રત્યાઘાત બરોબર છે, એટલે (अ) પોતાનું જેટલું બળ (व) ને આપેછે તેટલુંજ તેનું બળ ઓછું થાયછે. એક પદાર્થમાંથી બિજામાં ગતિ જવાને વખત લાગેછે; અને એ વાત ઘણીએક તરેહથી બતાવી શકાયછે. એક સેહેલી રીત એકે, એક ભારે જનસને, જાણે કે ત્રાંબાની ચાકીને, એક ઢળતું નહીં હોય એવા મોટા વાસણના લીસા ઢાંકણાઉપર મેહેલવી, જો તે ઢાંકણાને એકાએક વાંકું વાળ્યા વગર ખસેડી લીધું તો તે ચાકી વાસણમાં પડશે; પણ જો તેજ વેળાએ બંનેને લાગે એવી રીતે ગતિ આપી તો એ પ્રમાણે બનશે નહીં.

જો ઘોડો ભારે બોજો ખેંચી લઈજતો હોય, તો તે

બોજ તેને પણ તેજ પ્રમાણે પાછળ ખેંચેછે, કેમકે રાસ બેઉતરફ એકસરખી ખેંચાયછે.

એ ખુલ્લું છે કે જે તાજવાના એક પલ્લાંમાં ચાર શેરનો બોજ હોય, તેના બિજા પલ્લાંને નીચે દાબી રાખવાને ચાર શેર જેટલું બળ લગાડવું પડશે; પણ જો એકમાં વીસ શેરનો અને બિજામાં પંદર શેરનો બોજો હોય, તો પંદરશેરવાળાં પલ્લાંને માત્ર પાંચ શેર જેટલા બળથી દાબી રાખ્યાથી સમતોલન કાયમ રેહેશે.

અસ્થિતિસ્થાપક પદાર્થોનો પ્રહાર—જારે બરોબર વેગમાનના બે અસ્થિતિસ્થાપક પદાર્થ સામસામા ચાલતાં એક બિજાઉપર પ્રહાર કરેછે, તારે એક એકને લીધે બિજાની આગળ ચાલવાની ગતીનો નાશ થશે, અને તેથી કરીને બંને પદાર્થ સ્થિર રેહેશે. પરંતુ એક બિજાઉપર અથડાતી વેળાએ જો તેઓનાં વેગમાન બરોબર નહીં હશે, તો પ્રહારની અગાઉ જે પદાર્થનું વેગમાન કમી હશે તેની ગતીનો લોપ થશે એટલુંજ નહીં, પણ તેને અગાઉથી વિરૂદ્ધ માર્ગમાં ગમન કરવું પડશે, કેમકે વધારે વેગમાનના ધક્કાના માર્ગમાં તેને ચલન પામવું અવશ્ય છે; પછી તે બે પદાર્થ જાણે એકજ છે તથા અગાઉની ગતીના અંતરના હિસાબ પ્રમાણે સરખી ગતીથી ચલન પામેછે એમ ધાર્યું તો ચાલશે. મનમાં આણ કે (अ) અને (ब) એ બે પદાર્થ (૧૭મી આકૃતિ પ્રમાણે) છ અને ચારના વેગથી સામસામી દિશામાં ચલન પામેછે, અને એવું થયાથી ધક્કો લાગ્યો એટલે (ब) ના આખા ચારના વેગનો નાશ થશે અને (अ)

નો વેગ ૪ જેટલો કમી થશે, અને બાકીનો બેનો વેગ (अ) અને (व) એ પદાર્થોમાં વેહેંચાશે: પછી બંને પદાર્થ એકના વેગથી (व) થી (म) તરફ ચલન પામશે.

આકૃતિ ૧૭.



જો (अ) અને (व) એ બે બરોબર પ્રકૃત્યંશના પદાર્થ (આકૃતિ ૧૮) પ્રમાણે છના અને ચારના વેગથી એકજ માર્ગ તરફ ચલન પામતા હોય, તો (अ), (व)ને પકડી પાડશે, અને પ્રહાર થતી વેળાયે (अ)નો એટલો વેગ (व)માં જશે કે તેથી તે બેઉનો વેગ સમાન થશે, પછી તે બેઉ પદાર્થ અગાઉનાજ માર્ગમાં પાંચના વેગથી ચલન પામશે. એ ઠેકાણે (अ)ના વેગમાંથી એકનો વેગ કમી થશે, અને (व)ના વેગમાં એકનો વધારો થશે.

આકૃતિ ૧૮.



“બે નાહાના મોટા પદાર્થઉપર બરોબર બળ લગાડ્યાં તો પછી તેમના વેગ, તેમની પ્રકૃત્યંશના પરિમાણના પ્રમાણ પ્રમાણે અરસ્પરસને થશે;” એનો અર્થ એકે, જેમ પ્રકૃત્યંશ વધારે તેમ તેનો વેગ ઓછો થશે. અને વિષમ પદાર્થોઉપર બરોબર બળની યોજના કીધાથી તેમનામાં જુદા જુદા વેગ ઉત્પન્ન થાયછે, તથાપિ

તેમના વેગમાન્ બરોબર હોયછે; પૂર્વે કહ્યા પ્રમાણે કોઈ પણ પદાર્થનું વેગમાન્ હંમેસાં તે પદાર્થનો બોજ, તે જે વેગે ચલન પામેછે, તેણે ગુણ્યાથી મળેછે, તેટલામાટે બરોબર બળની યોજના થયલા વિષમ પદાર્થો, જો એક સરખા વેગથી ચલન પામતા નથી, તોપણ તે બેમાંથી કયો પણ એક પદાર્થ જો કોઈ બિજા પદાર્થઉપર અથડાય તો તે, તે પદાર્થને બિજો કરત તેટલાજ બળથી પ્રહાર કરશે.

મનમાં આણુંકે (अ) પદાર્થ તોલમાં પાશેરનો છે, (આકૃતિ ૧૯મી જો) તથા (क) શેર વજનનો છે, અને એવું ધાર કે તેમને બરોબર બળથી (अ) અને (क) બિંદુથકી (अद) અને (कड) લીટિયોમાં હડસેલેલાછે, હવે એ ખુલું છે કે તેમના વેગ વિષમ થશે, એટલે (क) નું વજન (अ) ના વજન કરતાં જેટલા ગણું વધારે છે, તેટલા ગણો (अ)નો વેગ (क) ના વેગ કરતાં વધારે થશે; હવે (क) નું વજન (अ) ના કરતાં ચારગણું વધારે છે, તેટલામાટે તેનો વેગ (अ) કરતાં ચારગણો ઓછો થશે. એ ઉપરથી સાફ નજરમાં આવશે કે જો (अ) પદાર્થ, કોઈ બિજા (इ) સ્થિર પદાર્થઉપર આઘાત કરે અને (क), (फ) સ્થિર પદાર્થઉપર કરે, તો જેટલા જોરથી (क) નું બળ (फ) ઉપર લાગશે તેટલાજ જોરથી (अ) નું (इ) ઉપર લાગશે; એનું કારણ એ કે (क) માં વેગ જેટલો ઓછો છે, તેનો બદલો તેને તેનામાં (अ) કરતાં ભાર વધારે છે તેથી મળેછે; અને (अ) માં જેટલો વજન-

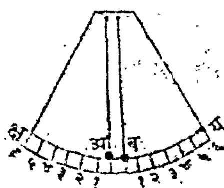
નો ખુટકો છે તેનો બદલો તેને તેનામાં (क) કરતાં વધારે વેગ છે તેથી મળેછે.

આકૃતિ ૧૯.



પદાર્થોઉપર પ્રહાર થયાથી આઘાત અને પ્રત્યાઘાત બરોબર થાયછે, તેનો દાખલો પ્રયોગસહિત નીચે પ્રમાણે બતાવ્યામાં આવશે:

આકૃતિ ૨૦.



માટીના અથવા બિજા કોઈ અસ્થિતિસ્થાપક પદાર્થના બે બરોબર ગોળા એક સરખી લંબાઈની દોરીથી ટાંગીને લટકાવ, એવી રીતે કે તેઓ બરોબર ભાગ કીધેલા (क्ष य) કૌસને સ્પર્શ કરે. (આગળની ૨૦ મી આકૃતિ જો) હવે જો બેઉને દૂર કરિયે અને (अ) ને ડાબી તરફના ૪ના અંક આગળ તથા (ब) ને જમણી તરફના ચોથા અંક ઉપર લાવિયે, અને પછી એકી વખતે તે બેઉને મેહેલી દઇએ, તો તેઓ એક સરખા વેગથી એક બિજા ઉપર આઘાત કરશે, અને પછી તેઓ અથડાતાં વારનેજ સ્થિર રેહેશે, કેમકે તેમ થયાથી એક બિજાઉપરના પ્રત્યાઘાતને લીધે તેઓના બળનો નાશ થાયછે.

એ ઉપરથી સિદ્ધ થાયછે કે, જારે બરોબર પદાર્થ બરોબર વેગે ગમન પામેછે તારે તેઓમાં બરોબર બળ

હોયછે, કેમકે જો તેમ ન હોત તો, બે ગોળાઓ એકઠા થઇને આગળ જેનું બળ વધારે હોત તેના માર્ગમાં ગમન પામત; એ વાત નીચે પ્રમાણે સિદ્ધ થશે. મનમાં આણકે (अ) વજન (व) કરતાં બમણું છે, પછી (अ) ને ૩ના અંક આગળ આણ; અને (व) ને તેની સામી બાજુના ૬ના અંક આગળ આણ; હવે જો તેમને મેહેલી દઇએ તો તેમના વેગ ૩:૬ (ત્રણ જેમ છને); તથા તેમના પ્રકૃત્યંશ ૨:૧ (બે જેમ એકને) એ પ્રમાણમાં થશે, અને તેમાટે તેમના બળ બરોબર થશે, કેમકે (अ) ગોળો જે બેનો છે તેને તેનો વેગ ૩નો છે તેણે ગુણ્યાથી ૬ થાયછે (૨×૩=૬), અને (व) ગોળો જે એકનો છે તેને તેમાં ૬ના વેગે ગુણ્યાથી પણ છ (૧×૬=૬) થાયછે.

પાછળનાં ઉદાહરણો ઉપરથી સ્પષ્ટ માલમ પડશે કે, જો નાહાનો પદાર્થ હોય અને તે બોહોળા વેગે ચલન પામતો હોય, અથવા મોટો હોય અને થોડા વેગથી ચલન પામતો હોય, તો તેથી વિલક્ષણ કાર્ય ઉત્પન્ન થશે, કેમકે પદાર્થનું વેગમાન્ તેનો વેગ તથા ગુરૂત્વ એ બેઉને હીસાબમાં લીધાથી ગણાયછે. મીણબત્તી જેવી હલકી જનસને પણ જો તોપથી ઉરાડી તો તે દેવદારના પાટિયાને વિંધીને આરપાર જશે; તેમજ માલથી ચિકાર થયલું વાહાણ બિજા ખુંટે બાંધેલા મછવાને ઘણું કરીને માલમ ન પડે એવા વેગથી જો અથડાય, તો તેટલોજ તેનો વેગ તેનો ચુરાડો કરવાને બસ થશે. વળી જો એક અધોળની ગોળીને છત્રીશ શેરના ગોળાકરતાં ૫૭૬

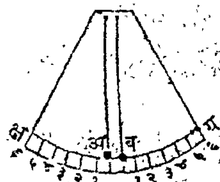
નો ખુટકો છે તેનો બદલો તેને તેનામાં (क) કરતાં વધારે વેગ છે તેથી મળેછે.

આકૃતિ ૧૯.



પદાર્થોઉપર પ્રહાર થયાથી આઘાત અને પ્રત્યાઘાત બરોબર થાયછે, તેનો દાખલો પ્રયોગસહિત નીચે પ્રમાણે બતાવ્યામાં આવશે:

આકૃતિ ૨૦.



માટીના અથવા બિજા કોઈ અસ્થિતિસ્થાપક પદાર્થના બે બરોબર ગોળા એક સરખી લંબાઈની દોરીથી ટાંગીને લટકાવ, એવી રીતે કે તેઓ બરોબર ભાગ કીધેલા (क्षय) કોસને સ્પર્શ કરે. (આગળની ૨૦ મી આકૃતિ જો) હવે જો બેઉને દૂર કરિયે અને (अ) ને ડાબી તરફના ૪ના અંક આગળ તથા (ब) ને જમણી તરફના ચોથા અંક ઉપર લાવિયે, અને પછી એકી વખ્તે તે બેઉને મેહેલી દઈએ, તો તેઓ એક સરખા વેગથી એક બિજા ઉપર આઘાત કરશે, અને પછી તેઓ અથડાતાં વારનેજ સ્થિર રેહેશે, કેમકે તેમ થયાથી એક બિજાઉપરના પ્રત્યાઘાતને લીધે તેઓના બળનો નાશ થાયછે.

એ ઉપરથી સિદ્ધ થાયછે કે, જારે બરોબર પદાર્થ બરોબર વેગે ગમન પામેછે તારે તેઓમાં બરોબર બળ

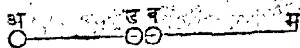
હોયછે, કેમકે જો તેમ ન હોત તો, બે ગોળાઓ એકઠા થઇને આગળ જેનું બળ વધારે હોત તેના માર્ગમાં ગમન પામત; એ વાત નીચે પ્રમાણે સિદ્ધ થશે. મનમાં આણકે (अ) વજન (ब) કરતાં બમણું છે, પછી (अ) ને ૩ના અંક આગળ આણ; અને (ब) ને તેની સામી બાજુના ૬ના અંક આગળ આણ; હવે જો તેમને મેહેલી દઇએ તો તેમના વેગ ૩:૬ (ત્રણ જેમ છને); તથા તેમના પ્રકૃત્યંશ ૨:૧ (બે જેમ એકને) એ પ્રમાણમાં થશે, અને તેમાટે તેમના બળ બરોબર થશે, કેમકે (अ) ગોળો જે બેનો છે તેને તેનો વેગ ૩નો છે તેણે ગુણ્યાથી ૬ થાયછે (૨×૩=૬), અને (ब) ગોળો જે એકનો છે તેને તેમાં ૬ના વેગે ગુણ્યાથી પણ છ (૧×૬=૬) થાયછે.

પાછળનાં ઉદાહરણો ઉપરથી સ્પષ્ટ માલમ પડશે કે, જો નાહાનો પદાર્થ હોય અને તે બોહોળા વેગે ચલન પામતો હોય, અથવા મોટો હોય અને થોડા વેગથી ચલન પામતો હોય, તો તેથી વિલક્ષણ કાર્ય ઉત્પન્ન થશે, કેમકે પદાર્થનું વેગમાન્ તેનો વેગ તથા ગુરૂત્વ એ બેઉને હીસાબમાં લીધાથી ગણાયછે. મીણબત્તી જેવી હલકી જનસને પણ જો તોપથી ઉરાડી તો તે દેવદારના પાટિયાને વિંધીને આરપાર જશે; તેમજ માલથી ચિકાર થયલું વાહાણ બિજા ખુંટે બાંધેલા મછવાને ધક્કું કરીને માલમ ન પડે એવા વેગથી જો અથડાય, તો તેટલોજ તેનો વેગ તેનો ચુરાડો કરવાને બસ થશે. વળી જો એક અધોળની ગોળીને છત્રીશ શેરના ગોળાકરતાં ૫૭૬

ગણા વધારે વેગથી તોપથી ઉડાડિયે, તો પછી બન્નેથી એકસરખાં કાર્યો ઉત્પન્ન થશે, કેમકે ૫૭૬ અધોળી ૩૬ શેરની બરોબર છે, તેટલામાટે એ સ્પષ્ટ છે કે, તે ગોળીનો વેગ તે ગોળાકરતાં જેટલા ગણો વધારે છે, તેટલાજ ગણો તે ગોળાનો ભાર તેનાકરતાં અધિક છે.

સ્થિતિસ્થાપક પદાર્થોનો પ્રહાર.—જો બે સંપૂર્ણ સ્થિતિસ્થાપક પદાર્થ એક બિજા સાથે અથડાય તો, એકને બિજા પદાર્થથી જે નફો અથવા તોટો પોંહોચેછે તેના જેટલો તેનો બિજા પદાર્થઉપર પ્રત્યાઘાત થવો જોઇએ: એટલે, જો એક પદાર્થ બિજા પદાર્થને પાંચના બળથી ધક્કો મારે, તો બિજા પદાર્થની સ્થિતિસ્થાપકતાથી વિરુદ્ધ માર્ગમાં તે પદાર્થઉપર તેટલોજ પાંચનો ધક્કો લાગશે. જો (अ) અને (व), (આકૃતિ ૨૧મી જો) બે બરોબર પદાર્થ અનુક્રમે પાંચના અને ત્રણના વેગથી, સામસામા માર્ગમાં ચલન પામે, તો આઘાત થયાપછી (अ) ત્રણના અને (व) પાંચના વેગથી પાછા ફરશે. પ્રહાર વેળાએ (अ) ને (अ व) માર્ગમાં ત્રણના વેગની હાની પોંહોંચી કેમકે (व)નો ત્રણનો વેગ છે, પણ (व) સ્થિતિસ્થાપક પદાર્થ છે તેથી કરીને પાછો તેને પાંચના જેટલા બળથી (ड अ) માર્ગમાં ધક્કો લાગેછે, અને તેણે કરીને તેના બાકી રહેલા બેના વેગનોજ નાશ થાયછે એમ નહીં, પણ તે (व) ત્રણના વેગથી પાછો ફરેછે. અને એજ પ્રમાણે એ પણ બતાવ્યામાં આવશે કે, (अ) થી તે (व) માર્ગમાં (व) પણ પાંચના વેગથી ચલન પામશે:

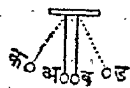
આકૃતિ ૨૧.



જો (व) સ્થિર હોય અને (अ) તેનાઉપર ચારના વેગથી પ્રહાર કરે, તો (व) પદાર્થ પ્રહારની અગાઉ જે (अ)નો ચારનો વેગ હતો, તેટલા વેગથી (वं) થી તે (म) માર્ગમાં ચલન પામશે: અને (अ) ને કાંઈ વેગ પ્રાપ્ત થશે નહીં, કેમકે અગાઉ (व) સ્થિર હતો, અને તેટલામાટે તે (ड) આગળ સ્થિર રેહેશે.

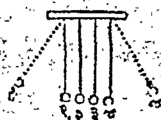
મનમાં આણકે આ આગળની બાવીશમી આકૃતિ પ્રમાણે, (अ) અને (व) બરોબર વજનના હાથી દાંતનાં બે ગોળા દોરીએ લટકાવેલા છે, પછી જો (अ) ગોળાને ઉંચે (क) સુધી આણીને (व) ઉપર જવા દીધો તો, તે તેને (ड) લગી અથવા તેને અગાઉ જેટલો ઉંચો કીધો હતો તેટલા અંતરઉપર બિજી તરફ લઈ જશે, પણ તેનો સઘળો વેગ (व)ને વિશે ગયાથી તે સ્વતઃ (अ) આગળ સ્થિર રેહેશે.

આકૃતિ ૨૨.



જો ચાર હાથી દાંતના બરોબર વજનના ગોળા તેવીશમી આકૃતિ પ્રમાણે બરોબર લંબાઈની દોરીથી ટાંગિયે, અને પછી પેહેલા ગોળાને ઉપર આણીને તે બિજા ઉપર અથડાય એવી રીતે મુકી દઈએ તો, બિજો અને ત્રિજો ગોળો સ્થિર છે, અને ચોથો પેહેલો જેટલા વેગથી બિજા ઉપર

આકૃતિ ૨૩.



પડ્યો હતો, તેટલા વેગથી ગમન પામેછે એ પ્રમાણે માલમ પડશે. આ ઠેકાણે પેહેલા ગોળાની ગતિ અથવા ખરૂં જોતાં તેને ચલન પમાડનાર બળ બે ગોળાની અંદર થઈને ચોથાને પ્રાપ્ત થાયછે. અને તેને આગળ કાંઈ પ્રતિબંધ રહ્યો નહીં, માટે તેના ઉપર આખા બળનો વ્યાપાર થાયછે. અને વધારે ગોળા હશે તોપણ એજ પ્રમાણે કાર્ય ઉત્પન્ન થશે; એટલે પેહેલા ગોળાનો બિજાઉપર ધક્કો લાગ્યા પછી પેહેલાથી તે છેલ્લા શિવાયના બિજા સર્વ ગોળા સ્થિર રેહેશે, અને માત્ર છેલ્લો પેહેલાના જેટલા વેગથી આગળ ઉડશે.

ભાગ ચોથો.

ગુરૂત્વાકર્ષકત્વ.

સર્વ પદાર્થો જારે આધાર રહિત થાયછે તારે, જાંહાંસુધી તેઓ ભુંઇને અડકે અથવા તેને બિજા પદાર્થનો આધાર મળે, તાંહાંસુધી તેઓ પડ્યા કરેછે. પૃથ્વીના પૃષ્ઠઆગળ, તથા જેટલી ઉંચાઇસુધી હાલ માણસો ઉંચે ચઢેલાં છે, તથા જાંહાંસુધી નીચે ઉતરેલાં છે, તે સર્વ ઠેકાણે આ બનાવ બનેછે; વાદળમાંથી કરાં તથા વરસાદ પડેછે, તથા ઉંડા ખાડામાં પથ્થર મુકી દીધો તો તે નીચે ચાલ્યો જાયછે, એઉપરથી એ વાત માલમ પડેછે. જડત્વ જે પ્રકૃતીનો સ્વાભાવિક ગુણ તેણે કરીને તે પોતાની મેળે ચાલી શક્તી નથી, અને તેટલા માટે ભુંઇઉપર નીચે ઉતરવાને તેમાં કાંઇ શક્તિ નથી; વાસ્તે તેનું પતન થવાને કોઇ પણ બળની અવશ્ય પ્રેરણા થવી જોઇએ, અને તેજ પ્રેરણાને ગુરુત્વાકર્ષકત્વ કેહેછે. એઉપરથી જણાયછે કે ગુરુત્વાકર્ષણના બળે કરીને પદાર્થ પૃથ્વીઉપર પડેછે; પણ એથી બિજાં કાંઇ કાર્ય બનતાં નથી, એવું ધારીને જો આપણે ગુરુત્વાકર્ષકત્વની આવી રીતે વ્યાખ્યા કરિયે તો તેની શક્તિનું આપણને ઘણુંજ અપૂર્ણ જ્ઞાન થશે, કેમકે એના યોગે કરીને તો બિજા ઘણા બનાવ બનેછે, તથા ગતિઓ ઉત્પન્ન થાયછે. ઉદાહરણ, નદિઓનું વેહેવું, પ્રવાહિ પદાર્થની અંદર હલકા

પદાર્થનું ઉપર આવવું, એ સર્વ, જેને આપણે ગુરૂત્વાકર્ષકત્વ કહિયે છિયે તેથીજ બનેછે. ધુમાડો વાતાવરણમાં થોડેએક ઉંચે ચડતો કેટલીએકવાર દીઠામાં આવેછે; એ ચઢવું જે પ્રવાહિના અંદર તે ગમન પામેછે તેના બળે કરીનેજ માત્ર થાયછે, કેમકે ધુમાડાના પરમાણુ પોતાના જેટલાં મહત્વના વાતાવરણના પરમાણુને નીચેની તરફ હડસેલ્યા શિવાયે કાંઈ ઉપર ચઢી શક્તા નથી.

એ ઉપરથી નિકળેછે કે બધા પદાર્થો પૃથ્વી તરફ આકર્ષણ પામેછે; અને પ્રત્યેક પદાર્થનું તેની નીચેના પદાર્થોઉપર પૃથ્વીની તરફ જે દાબણ થાયછે, જેને લોકો વજન કેહેછે, તે ગુરુત્વાકર્ષણનુંજ કાર્ય છે. જારે કોઈક પથ્થરને હાથમાં લઈયે છિયે, તારે તે થકી જે આપણા હાથઉપર દાબણ થાયછે, તેજ તેનું વજન; તેટલા માટે સઘળા પદાર્થોમાં વજન છે, કેમકે અંતરિક્ષ મુક્યા તો તેઓ પૃથ્વીઉપર પડેછે.

ગુરુત્વાકર્ષકત્વ પદાર્થોને પૃથ્વીના મધ્યતરફ ખેંચેછે; માટે એવું અવશ્ય માલમ પડેછે કે, બે પતનયુક્ત પદાર્થ સમાંતરમાર્ગમાં પડશે નહીં કેમકે જે બે લીટી એક બિંદુમાં મળેછે તે એક બિજાસાથે સમાંતર થઈ શક્તિ નથી; માટે સઘળા પદાર્થ ગુરુત્વાકર્ષણે કરીને પોતાની નીચેની ક્ષિતિજ રેષાઉપરના લંબતરફ ઝોંક ખાશે. મનમાં આણકે (૨૪ મી આકૃતિ) પ્રમાણે તાજવાના પલ્લાં ગોળના પ્રમાણમાં બનાવેલાં છે, તથા ગોળનાં મધ્ય તરફ આકર્ષણ પામેલાં છે; હવે જો, ગોળનું

આકૃતિ ૨૪.



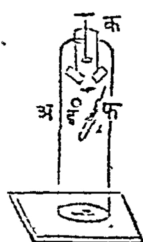
મધ્ય અને જે બિંદુઆગળથી પલ્લાં લટકેછે તે બિંદૂ સાંધ્યાં તો એ સાફ માલમ પડેછે કે તે લિટી લંબતરફ ઑક જાયછે. પણ જે પદાર્થો આપણે અનુભવ કરવા લઇયે છેએ તેઓનું મહત્વ પૃથ્વીના મહત્વસાથે સરખાવી જોતાં એવું તો અલ્પ છે કે તેઓનો ઑક દૃષ્ટીગોચર થતો નથી.

પડતા પદાર્થો—ખરોબર ઉંચાઇ ઉપરથી ભારે અને હલકા પદાર્થોને પડતાં જોઇયે છેએ તારે તેઓના અધોગમનને જુદા જુદા વખત લાગેછે તેથી આપણને એકદમ આશ્ચર્ય લાગેછે. સિસું ઘણું ઉતાવળું પડેછે અને કાગળ ઘણો ધીમો પડેછે, પણ એ વાત તે બંને પદાર્થના જુદા જુદા વજન ઉપરથી થતી નથી, કેમકે પદાર્થોને જેમ ઉડવાને સ્વાભાવિક પ્રવૃત્તિ નથી તેમ પડવાને પણ નથી; તેટલા માટે તેમના પ્રકૃત્યશસાથે પ્રમાણમાં હોય તેવા બળની પ્રેરણા થયાવિના તેઓ પડશે નહીં; અને ગુરુત્વાકર્ષણનો વ્યાપાર પદાર્થોના સઘળા પરમાણુઉપર એક સરખો બનેછે માટે જો તેમની ગતીને ક્ષીયમાણ કરનાર કાંઇ બિજું બળ હોત નહીં તો એકજ વખતે પૃથ્વીઉપર પોંહોંચત. એ પ્રમાણે તેમના પડવામાં અતર પડવાનું કારણ વાયુનો પ્રતિબંધ છે, અને એ પ્રતિબંધનું કાર્ય સિસાંકરતાં કાગળ ઉપર વિશેષ થાયછે; પણ જો તે કાગળનો ગોળો વાળ્યો તો તેનું ઘણું થોડું પૃષ્ઠ વાયુસાથે સંલગ્ન થાયછે તેથી તેને થોડો પ્રતિબંધ થશે, અને તેણે કરીને તે પેહેલાં કરતાં ઉતાવળે પડશે.

તેટલા માટે જો આપણે પડતા પદાર્થોની ખરી ગ-

તીનો નિશ્ચય કરવો હોય તો જે સ્થળમાં વાયુ, પાણી અથવા હરકોઈ બિજા પદાર્થોથી ગુરુત્વાકર્ષણના વ્યાપારને પ્રતિબંધ અથવા અટકાવ થાય નહીં, એવા શુંન્યાવકાશ સ્થળમાં અવશ્ય તેઓને પડવા દેવા જોઇયે. જારે વાયુનો પ્રતિબંધ પદાર્થઉપર હોતો નથી, તારે તેઓની અધોગતિ શી રીતે થાયછે તે રૂપૈઓ અને પિછાના પ્રખ્યાત પ્રયોગથી સારીપેઠે સમજાયછે. (૨૫) મી આકૃતિમાં (अ) કાચનું ગ્રાહક છે, અને વાયુ અંદર જઈ શકે નહીં એવી રીતે એના માથાઉપર પિતળનું ઢાંકણું બેસાડેલું છે. એ ઢાંકણાની અંદર આરપાર એક તાર એવી રીતે જવાદે કે તેમાંથી પણ વાયુનો પ્રવેશ થાય નહીં. તથા એક નાહાની ચીપ તે તારને આધારે એવી રીતે રાખ કે, તારને ફેરવ્યો કે લાગલીજ તેનાઉપર જે વસ્તુ હોય તે નીચે પડે; એ ચીપના ઉપર (इ) રૂપૈઓ અને (फ) પિછું મુક, અને પછી વાતાકર્ષક યંત્રે કરીને કાચપાત્રને નિર્વાત કર, અને તાર એવી રીતે ફેરવ કે ચીપ ઉપરથી તેઓ પડી જાય; એ પ્રમાણે કીધાથી તે બેઉ પદાર્થ પાત્રને તળીએ એકી વખતે પડતા માલમ પડશે. વાયુનો થોડો એક ભાગ પાત્રની અંદર આવવા દીધો તો એ પ્રયોગમાં અંતર પડશે; એ પ્રમાણે થયાથી એ બેઉ પદાર્થના પડવામાં થોડો તફાવત જણાશે; રૂપિયા કરતાં પિછું મોડું પડશે; જો એ કરતાં વાયુ વધારે આવવા દીધો તો પિછાને અગાઉ કરતાં વધારે વાર

આકૃતિ ૨૫.



થશે, અને એજ પ્રમાણે જેમ જેમ વધતો આવવા દઈશું તેમ તેમ વધતું ધીમું પડશે; અને જો બધું પાત્ર ભરાય એટલો વાયુ આવવા દઇયે તો બાહારના અને પાત્રની અંદરના વાયુમાં તેનું પડવું એકસરખા વખતમાંજ થશે.

એ ઉપરથી આપણને માલમ પડેછે કે જારે ગુરુત્વાકર્ષકત્વનો વ્યાપાર વગર હરકતે એટલે તેના કાર્યને કાંઇ પણ પ્રતિબંધ થયાવિના થાયછે, તારે પદાર્થ ગમે તે વજનના અને ગમે તે જાતના પ્રકૃત્યંશથી બનેલા હોય તોપણ, સઘળા પદાર્થઉપર તેનો વ્યાપાર એકસરખાજ બળે કરીને બનેછે. સો શેરનો એક સોનાનો ગઠ્ઠો શુન્યાવકાશ સ્થળમાં સોનાના વરખ અથવા કાગળના કુડકા કરતાં જરી પણ વેહેલો અથવા મોડો પડશે નહીં.

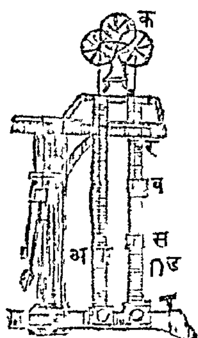
સઘળી જાતના પદાર્થ વાસ્તવિક સરખા વેગથી પડેછે, એ ઉપર કહેલી વાતઉપરથી ખુલ્લું માલમ પડેછે; માટે એ સામાન્ય વેગનો નિયમ જે સઘળી જાતના પદાર્થના પડવામાં એક સરખો છે તે સોધી કાહાડવો અવશ્ય છે. એ સ્પષ્ટ છે કે જો એક ગોળી ઉંચા સ્થળઉપરથી પડતી મુકી, તો પછી ગુરુત્વાકર્ષણના બળથી એક વાર જે ગતિ તેને વિશે ઉત્પન્ન થશે, તે, ગતિ ઉત્પન્ન કરનાર કારણ બંધ પડશે તોપણ જારી રેહેશે. દૃષ્ટાંત, જો તે ગોળી પડતી પડતી અર્ધે આવે તારે તેઉપરથી ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ દૂર કરાય તો, ચલનના પેહેલા નિયમ પ્રમાણે એકજ વાર પથ્થરઉપર આઘાત કીધાથી તે જેમ ચાલ્યા કરેછે તેજ પ્રમાણે તેમાં દૂર

કરતી વખતે જેટલો વેગ હશે તેટલાજ વેગથી તે આગળ ગમન કરશે. ગુરૂત્વાકર્ષણનું બળ કાંઇ બંધ પડતું નથી, માટે તે ગોળી દર એક તસુ ઉતરતી જાયછે. તેમ તેમ તેમાં ગતિની વૃદ્ધિ થાયછે. જો પેહેલા સેકંદમાં તે ૧૬ ફુટ અને એક ઇંચ નીચી ઉતરે, તો પછી તેમાં એટલો વેગ ઉત્પન્ન થયો હોયછે કે બિજા સેકંદમાં તે પેહેલાં કરતાં ત્રમણા, ત્રિજામાં પાંચગણા, ચોથામાં સાતગણા અને પાંચમામાં નવગણા વેગે પડશે; અને એ પ્રમાણે આગળ પણ તળિયાની પાસે આવેછે તારે તે ગોળી વર્ધમાન ગતિએ અને અધિક વેગમાને પડેછે તેનું કારણ એથી માલમ પડેછે. એઉપરથી પદાર્થને પડવામાં જે વખત લાગેછે તે સેહેલથી જણાયછે; કેમકે તે પેહેલા સેકંદમાં જેટલું નીચે ઉતરેછે તે કરતાં ચોગણું ઉતરવાને બે સેકંદ, અને નવગણું ઉતરવાને ત્રણ, અને સોળગણાને ચાર સેકંદ લાગેછે; અને આગળ પણ એજ પ્રમાણમાં ઉતરેછે. માટે પદાર્થને પડતાં જેટલાં સેકંદ લાગ્યાં હોય તેઉપરથી, પદાર્થે કેટલું ગમન કીધું તે જાણવું હોય તો, તે સેકંદના આંકડાના વર્ગને પેહેલા સેકંદમાંહિના ગમને ગુણવો, એટલે તે ગુણાકાર તે અંતર બરોબર થશે.

એક સરખી વર્ધમાન ગતિ.—આપણે ઉપર એવું દેખાડ્યુંછે કે, જારે પદાર્થ સ્થિર અવસ્થામાંથી ગુરૂત્વાકર્ષણે કરીને પડેછે તારે, જાંહાંસુધી તે વગર હરકતે પડ્યો ચાલ્યો જાયછે તાંહાંસુધી તેનો વેગ ઉત્તરોત્તર વધતો થતો જાયછે. જે પદાર્થો સ્વતંત્રતાએ પડેછે તેની એ-

વી તો ત્વરિત ગતિ હોયછે કે ગતિનું માન સારીપેઠે માલમ પડતું નથી; તેટલા માટે તેના વેગની વૃદ્ધીનો નિયમ કાયમ રેહે અને તેનો વેગ ઓછો થાય એવી કાંઈ યુક્તિ કરવી જોઈએ, તે પદાર્થનો વેગ સારીપેઠે માલમ પડે એવા લીસા ઢોળાવ ઉપરથી તેને ગબડાવ્યાથી, અથવા આટ્વુડ સાહેબે જે યંત્ર બનાવેલું છે તેથી એ કાર્ય સિદ્ધ થાયછે. ૨૬ મી આકૃતિના નકાશા પ્રમાણે એ યંત્રમાં એક ઉભો થાંભલો છે. (अ) અને (व) સરખા મહત્વના બે વજનો છે, અને તે અરસ્પરસને બરોબર સમતોલ રાખેછે; અને જે રેશમની દોરી (क) ધરેડીઉપરથી જાયછે તેના બંને છેડાએ તે વજનો બાંધેલાં છે. તે કપીનો આંસ ઘર્ષણ કમી કરનાર ચક્રોઉપર બેસાડેલો છે, માટે ઘર્ષણનું કાર્ય ઘણું કરીને માલમ પડતું નથી. (र) એક કડી છે તેમાંથી (व) વજન આરપાર જાયછે, અને (स) ચીપ છે તેનાઉપર તે વજન નીચે ઉતરતાં અટકી જાયછે. કડી અને ચીપ એ બેઉ નીચે ઉપર ખસેડાયછે, અને એક જાતના મળસૂત્રે કરીને મરજી આવે તાંહાં તેઓને સ્થિર રખાયછે. તે થાંભલાઉપર સ્કેલ પાડેલું હોયછે, અને (ड) વાંકો વાળેલો ધાતુનો સળિઓ છે. તેની લંબાઈ (र)

આકૃતિ. ૨૬.



કડીના વ્યાસ કરતાં વધારે છે. એ યંત્ર ઉપયોગમાં લેતી વેળાએ (व) વજનને સ્કેલ વાળા થાંભલાની ટોંચસુધી ઉપર ખેંચી રાખેલું હોયછે, તથા કડી અને ચીપની વચમાં કેટલાએક ઈંચનું અંતર રાખેછે; પછી (ड) નાહાના વજનને (व) વજનઉપર મુકેછે એટલે તે ધીમે રહીને નીચે ઉતરવા માંડેછે: જારે તે ઉતરતાં ઉતરતાં કડી આગળ આવી પોહોંચેછે, તારે (ड) નાહાનું વજન કડીઉપર રહી જાયછે અને એ પ્રમાણે (अ) અને (व) બંને વજનો અરસ્પરસ બરોબર થાયછે. હવે એ ધ્યાનમાં લેવું જોઇએ કે (र) કડીસુધી (व) પદાર્થ નીચો ઉતરેછે, તાંહાંસુધી (ड) વજનનાઉપર જે ગુરુત્વાકર્ષણનું કાર્ય થાયછે તેણે કરીને તેને વીશે ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે; પછી ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ બંધ પડેછે, અને તેને વિશે આગળ થકી જે વેગ ઉત્પન્ન થયો હોયછે તેણે કરીને તે ચીપતરફ નીચે ઉતરેછે. એ યંત્રની સુયંત્રતા સમજવાસારુ એ જાણવું જોઇએ કે, જે પદાર્થો આકર્ષણ પામેછે તેઓના વેગ એ વાયુનો પ્રતિબંધ નહીં હોય તો બરોબર થાયછે એવું ધારેલું છે, પછી તે પદાર્થ મોટો હો કે નાહાનો હો. એટલા માટે બિજા અપ્રવાહી પદાર્થ ગમે તેટલા મોટા હશે તોપણ તેઓને મોટા (व) વજનઉપર જે નાહાનું (ड) વજન મુકેલું છે તે પ્રમાણે સમજતાં બિજા પદાર્થ સ્વતંત્રતાએ આકર્ષણ પામેછે તેઓની સાથે જોતાં એનું ઉતરવું ધીમે થાયછે તે માત્ર એની ગતિને બરોબર પામવાસારૂ છે, કેમકે એ યંત્રથી વેગની વૃદ્ધીનો નિશ્ચય થાયછે, પદાર્થ જે

વેગે પડેછે તેનો કાંઈ નિશ્ચય થતો નથી. હવે બિજા પદાર્થ જે નિયમને અનુસરીને પડેછે, તેજ નિયમથી જો પદાર્થ આવી રીતે પડે તો, આ વાત સેહેજ ધ્યાનમાં આવશે કે, તેના ધીમે પડવાથી ગણિતમાં કાંઈ અંતર પડશે નહીં; અને આગળ એ જણાવેલું છે કે હરકોઈ પદાર્થ પેહેલા સેકંદમાં જેટલો પડેછે તે અંતર જાણ્યાથી સઘળું ગણિત થાયછે. એઉપરથી એવું નિકળેછે કે પેહેલા સેકંદમાં હરકોઈ પદાર્થ કેટલો નીચો ઉતરેછે તથા બિજા, ત્રિજા, ચોથા, પાંચમાં ઈત્યાદિ સેકંદોમાં પેહેલા કરતાં કેટલાગણું વધારે પડવું થાયછે એ બંને જાણવાથી, ગમે તેટલાં સેકંદમાં તે પદાર્થ કેટલો પડશે તે જાણ્યામાં આવશે. તેટલા માટે જે આંદોલકનો સેકંદે સેકંદે અવાજ થાયછે એવા આંદોલકથી પેહેલા બિજા ત્રિજા સેકંદોમાં (વ) પદાર્થ કેટલા ઈંચ ઉતર્યો એ જાણવાથી દર એક સેકંદે તે પદાર્થનું કેટલાગણું વધારે ઉતરવું થયું તે બરોબર માલમ પડશે; પછી તે નિયમ બિજા પદાર્થ જે પતન પામેછે તેના ઉપર પણ લાગુ થશે; અને એજ કામને માટે એ યંત્ર છે. જે વેગે કરીને પદાર્થ પડેછે તેમાં ગુરુત્વાકર્ષણના બળે કરીને તે કેટલો નીચો ઉતરેછે તથા પૂર્વે તેને વિશે પ્રાપ્ત થયલા વેગથી તે કેટલો પડેછે તે પણ એ યંત્રથી જણાયછે; કેમકે ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ, તે વજન ઉતરતું ઉતરતું કડીસુધી આવેછે તાંહાંસુધી તેને વિશે ગતિ ઉત્પન્ન કરેછે; તારપછી તેમાં પેહેલાં જે વેગ ઉત્પન્ન થયો હોયછે તેટલા વેગથી તેની ગતિ જારી રેહેછે.

એ યંત્ર વડે ચોકસાઈથી કીધેલા પ્રયોગોથી એ સિદ્ધ થયુંછે કે, પદાર્થને પડવાને જે કાળ લાગેછે તેના જો બરોબર, જાણે કે સેકંદમાં ભાગ કીધા, તો પ્રત્યેક સેકંદમાં તે જેટલું જેટલું ગમન પામશે તે, ૧, ૩, ૫, ૭, ૯, ઇત્યાદિ. એ એકીના આંકડાના પ્રમાણમાં થશે. એ વાત ખુલ્લી રીતે ધ્યાનમાં આવે માટે મનમાં આણ કે એક પદાર્થને પડતાં, ૧, ૨, ૩, અને ૪ સેકંદ લાગેછે; તારે તે પદાર્થ જેટલો દૂર પડશે તે એ આંકડાના વર્ગથી એટલે, ૧, ૪, ૯, અને ૧૬ એ અક્રોથી બતાવ્યામાં આવશે, કેમકે એકનો વર્ગ ૧×૧ બરોબર એક છે, અને બેનો વર્ગ ૨×૨ બરોબર ચાર છે, અને એ પ્રમાણે આગળ પણ. બિજા સેકંદમાં તે પદાર્થ કેટલો પડેછે તે જાણવાસારૂ બે સેકંદમાં તે જેટલું ગમન પામેછે તેમાંથી પેહેલા સેકંદનું ગમન બાદ કર; એટલે ચાર જે બે સેકંદનું પડવું તેમાંથી પેહેલા સેકંદનું પડવું જે એક તે બાદ કર, પછી જે બાકી રેહેશે તે બિજા સેકંદનું અંતર થશે; પછી (૯) જે ત્રણ સેકંદનું પડવું તેમાંથી ચાર બાદ કર એટલે પાંચ જે બાકી રેહેશે તે ત્રિજા સેકંદમાં તે પદાર્થ જેટલો પડશે તે બતાવશે; ૧૬ માંથી નવ બાદ કર એટલે બાકી સાત રેહેશે તે ચોથા સેકંદનું અંતર થશે; અને આગળ પણ એ પ્રમાણે જાણવું. તારે એઉપરથી નિકળેછે કે પેહેલા સેકંદમાં તે પદાર્થ અમુક અંતર પડેછે, બિજા સેકંદમાં તેથી ત્રગણું, ત્રિજામાં તેથી પાંચગણું, ચોથામાં સાત-

ગણું અને આગળ પણ હમેશાં એક પ્રમાણમાં પડ્યો જાયછે.

બધળા પદાર્થ ચળ કિંવા અચળ હોય તોપણ તેના ઉપર ગુરુત્વાકર્ષણનો આઘાર સદાકાળ બરોબર થાયછે; પદાર્થ પડેછે તારે તેનો વેગ તેના આખા ભાગમાં એકસરખો વધતો જાયછે એઉપરથી તે વાત સાફ માલમ પડી આવેછે. જે બળનો નિરંતર અને એકસરખો આઘાર બનેછે તેથી એકસરખી વર્ધમાન ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે, એ વાત નીચેના વિચારથી સાફ ધ્યાનમાં આવશે.

મનમાં આણકે (अ) પદાર્થ જે ક્ષણે પડવા માંડેછે તે ક્ષણે ગુરુત્વાકર્ષણની પ્રેરણાથી તેનામાં એકનો વેગ ઉત્પન્ન થાયછે, હવે બિજે ક્ષણે તેને વિશે જે પ્રેરણા થશે તે પણ એકનીજ થશે; તેટલામાટે તે બેના વેગથી ચલન પામશે, અને ત્રિજે ક્ષણે ત્રણના વેગથી, અને એ પ્રમાણે આગળ પણ; કારણ કે પ્રથમ વેગ કાંઈ નવી પ્રેરણાથી કમી થતા નથી. એઉપરથી નિકળેછે કે, જો પ્રેરણાઓ બરોબર અને સમાન વખતે થાય તો, એકસરખી વર્ધમાન્ ગતિ ઉત્પન્ન થશે, અને વેગ કાળના પ્રમાણમાં થશે; તેમાટે જો પદાર્થ કેટલાએક વખતસુધી સરખા વેગથી પડે તો, તે જેટલું અંતર કાપશે તે, વખત અને વેગ એ બેઉની સાથે પ્રમાણમાં થશે. એમ ધાર કે ૨૭ મી આકૃતિમાં સમાંતરબાજુ-ચોખુણની એક બાજુ પદાર્થની ગતીનો વખત દેખા-

આકૃતિ. ૨૭.

अ व क ड इ — फ ग ह च ल

ડેછે, અને બિજી બાજુ પદાર્થ જે એકસરખા વેગથી ચલન પામેછે તે વેગને દેખાડેછે, તારે તે સમાંતરબાજુઓખુણથી તે વખતમાં જે ગમન થશે તે માલમ પડશે. (अइ) લિટીના, वकड ઇત્યાદિ બિંદુઆગળ ગમેતેટલા બરોબર ભાગ કર, અને એ બિંદુઓથી अफ, वग, वह ઇત્યાદિ બરોબર સીધી લિટીઓ દોર, પછી જો, अव, वक, कड, ઇત્યાદિ વખતના બરોબર સતત ભાગ દેખાડે, અને अफ, वग, कह, ઇત્યાદિ પદાર્થ જે સમગતિએ ચલન પામેછે તે બતાવે તો, अग, वह, कच, ઇત્યાદિ સમાંતરબાજુઓખુણો તે, તે વખતમાં જેટલું ગમન થશે તે બતાવશે; અને (अइ) જે કાળ બતાવેછે તે વખતમાં જે ગમન થશે તે, अफलइ, એ સમાંતરબાજુઓખુણથી માલમ પડશે. હવે ફરીથી ધાર કે કોઈ એક પદાર્થ આગળ પ્રમાણે સમ ગતીથી (अव) (वक) (कड) ઇત્યાદિકે વતી દેખાડેલા વખતના બરોબર ભાગમાં બાળો ન પડતાં ચલન પામેછે, (આકૃતિ, ૨૮)મી,

આકૃતિ. ૨૮.

अ फ व ग ह क च ल ड न म इ य

પણ વખતના પ્રત્યેક ભાગને અંતે તેનો વેગ વધેછે; ધાર કે જે વખતમાં તે (अ) થી તે (व) સુધી જાયછે તે વખત તેનો વેગ (अफ) જેટલો હોયછે. જે વખત તે (व) થી તે (क)

સુધી ચલન પામેછે તે વેળાએ તેનો વેગ (व ह) જેટલો હોયછે, અને એ પ્રમાણે આગળ પણ. હવે જો જુદાં જુદાં સમાંતરબાજુચોખુણો તૈઆર કીધાં તો, (अ व) વખતમાં જે ગમન થશે તે (अ व) સમાંતરબાજુચોખુણથી, અને (व क) વખતમાં જે ગમન થશે તે (व च) સમાંતરબાજુચોખુણથી માલમ પડશે; અને એજપ્રમાણે આગળ પણ.

કુવા વગેરેની ઉંડાઈ, પદાર્થ જે નિયમથી પડેછે તે-ઉપરથી માલમ પડેછે, તે થકી એ વિષય મનોરંજક થાયછે. જો પથ્થરને કુવામાં નાખીએ અને તેને નીચે-સુધી પોંહોંચતાં જે વખત લાગે, તે ચોકસાઈથી તપાસીએ, તો હમણાં જે મૂળતત્વોનું નિરૂપણ કીધુંછે તે ઉપરથી તેની ઉંડાઈ જાણ્યામાં આવશે. મનમાં આણ કે પથ્થરને કુવાને તળીએ પોંહોંચતાં બરોબર ચાર સેકંદ લાગ્યાં,

તો પેહેલા સેકંદમાં ૧૬ ફુટ પડશે
બિજામાં, ૩×૧૬ એટલે ૪૮ ફુટ પડશે
ત્રિજામાં, ૫×૧૬ એટલે ૮૦ ફુટ પડશે અને
ચોથામાં, ૭×૧૬ એટલે <u>૧૧૨</u> ફુટ પડશે અને
તેટલા માટે કુવાની ઉંડાઈ ૨૫૬ ફુટ થશે.

એજ ફળ, નીચે લખેલી રીત જે ઘણી સેહેલમાં યાદ રેહે એવી છે, તેથી ઉત્પન્ન થાયછે; તે રીતિ એ કે, **પદાર્થનું પડવું કાળના વર્ગના પ્રમાણમાં થાયછે.** હવે પથ્થરને કુવાને તળીએ પોંહોંચતાં ચાર સેકંદ લાગેછે તેટલામાટે ચારનો વર્ગ જે ૧૬ તેને તે પથ્થરનું પડવું

આકૃતિ. ૨૭.

ડેછે, અને બિજી બાજુ પદાર્થ જે એકસરખા વેગથી ચલન પામેછે તે વેગને દેખાડેછે, તારે તે સમાંતરબાજુચોખુણથી તે વખતમાં જે ગમન થશે તે માલમ પડશે. (अ इ) લિટીના, व क ड ઇત્યાદિ બિંદુઆગળ ગમેતેટલા બરોબર ભાગ કર, અને એ બિંદુઓથી अ फ, व ग, व ह ઇત્યાદિ બરોબર સીધો લિટીઓ દોર, પછી જો, अ व, व क, क ड, ઇત્યાદિ વખતના બરોબર સતત ભાગ દેખાડે, અને अ फ, व ग, क ह, ઇત્યાદિ પદાર્થ જે સમગતિએ ચલન પામેછે તે બતાવે તો, अ ग, व ह, क च, ઇત્યાદિ સમાંતરબાજુચોખુણો તે, તે વખતમાં જેટલું ગમન થશે તે બતાવશે; અને (अ इ) જે કાળ બતાવેછે તે વખતમાં જે ગમન થશે તે, अ फ ल इ, એ સમાંતરબાજુચોખુણથી માલમ પડશે. હવે ફરીથી ધાર કે કોઈ એક પદાર્થ આગળ પ્રમાણે સમ ગતીથી (अ व) (व क) (क ड) ઇત્યાદિકે વતી દેખાડેલા વખતના બરોબર ભાગમાં બાળો ન પડતાં ચલન પામેછે, (આકૃતિ, ૨૮)મી, પણ વખતના પ્રત્યેક ભાગને અંતે તેનો વેગ વધેછે; ધાર કે જે વખતમાં તે (अ) થી તે (व) સુધી જાયછે તે વખત તેનો વેગ (अ फ) જેટલો હોયછે. જે વખત તે (व) થી તે (क)

આકૃતિ. ૨૮.

સુધી ચલન પામેછે તે વેળાએ તેનો વેગ (વ ह) જેટલો હોયછે, અને એ પ્રમાણે આગળ પણ. હવે જો જુદાં જુદાં સમાંતરબાજુચોખુણો તૈયાર કીધાં તો, (અ વ) વખતમાં જે ગમન થશે તે (અ વ) સમાંતરબાજુચોખુણ-થી, અને (વ क) વખતમાં જે ગમન થશે તે (व च) સમાંતરબાજુચોખુણથી માલમ પડશે; અને એજપ્રમા-ણે આગળ પણ.

કુવા વગેરેની ઉંડાઈ, પદાર્થ જે નિયમથી પડેછે તે-ઉપરથી માલમ પડેછે; તે થકી એ વિષય મનોરંજક થાયછે. જો પથ્થરને કુવામાં નાખીએ અને તેને નીચે-સુધી પોહોંચતાં જે વખત લાગે, તે ચોકસાઈથી તપા-સીએ, તો હમણાં જે મૂળતત્વોનું નિરૂપણ કીધુંછે તે ઉ-પરથી તેની ઉંડાઈ જાણ્યામાં આવશે. મનમાં આણ કે પથ્થરને કુવાને તળીએ પોહોંચતાં બરોબર ચાર સેકંદ લાગ્યાં,

તો પેહેલા સેકંદમાં ૧૬ ફુટ પડશે
બિજામાં, ૩×૧૬ એટલે ૪૮ ફુટ પડશે
ત્રિજામાં, ૫×૧૬ એટલે ૮૦ ફુટ પડશે અને
ચોથામાં, ૭×૧૬ એટલે ૧૧૨ ફુટ પડશે અને
તેટલા માટે કુવાની ઉંડાઈ ૨૫૬ ફુટ થશે.

એજ ફળ, નીચે લખેલી રીત જે ઘણી સેહેલમાં યાદ રેહે એવી છે, તેથી ઉત્પન્ન થાયછે; તે રીતિ એ કે, પદાર્થનું પડવું કાળના વર્ગના પ્રમાણમાં થાયછે. હવે પથ્થરને કુવાને તળીએ પોહોંચતાં ચાર સેકંદ લાગેછે તેટલામાટે ચારનો વર્ગ જે ૧૬ તેને તે પથ્થરનું પડવું

જે પેહેલા સેકંદમાં ૧૬ ફુટ થાયછે, તેણે ગુણીએ તો, આગળ પ્રમાણેજ ફળ પ્રાપ્ત થશે, કેમકે ૧૬×૧૬=૨૫૬.

ખડકનું ઢેફું ઉંચા પર્વતના શિખરઉપરથી છુટું પડેછે, તારે પ્રથમ તે ધીમે ધીમે પડેછે, પણ તે જેમ જેમ નીચેની તરફ આવતું જાયછે તેમ તેમ તેનો વેગ ઉત્તરોત્તર વધતો થતો જાયછે, અને પ્રત્યેક ક્ષણે નવી ગતિ અને વેગમાન એટલાં તો વધતાં જાયછે કે આખરે તેના બળથી માર્ગમાં જે જે પ્રતિબંધ આવેછે તે તેની સાથે ઘસડાઈ જાયછે.

પદાર્થ પડતો પડતો નીચો આવેછે તેમ તેમ તેનો વેગ વધતો જાયછે એ વાત, તેલ, દીવેલ અથવા તેવા બિજા પદાર્થની ધારઉપરથી માલમ પડેછે: જો સારીપેઠે ઉંચાઈ ઉપરથી ધાર પડવા માંડે, અને તેનો વ્યાસ વાસણમાંથી નિકળતી વેળાએ આસરે બે ઇંચનો હોય, તો તે તળીએ પોંહોંચતાં પોંહોંચતાંમાં સૂતર જેવી ઝીણી થઈ જાયછે; પણ જેવી તેની જાડાઈ ઘટતી જાયછે તેવો તેનો વેગ વધતો જાયછે, કેમકે ધાર જે વાસણમાં પડેછે તે ઘણું જલદીથી ભરાયછે. માણસ પોતાને કાંઈ ઇજા નપોંહોંચાડતાં ખુરસીઉપરથી ભુસકો મારી સકેછે; પણ જો તે ઉંચી બારીએથી ભુસકો મારવા ચાહાશે તો ઘણું કરીને તેનો હાથ પગ ભાંગશે; વળી એ કરતાં જો તે છાપરાઉપરથી મારશે તો જમીનને પોંહોંચતાં પેહેલાં તેનો વેગ એટલો તો વધી જશે કે, પડવાથી તેનો ભુકે ભુકો થઈ જશે.

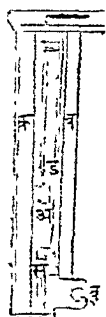
અસલના લોકો હમારને કામમાં લાવતા હતા તે એક

બળના સંચયનો દાખલો છે; તે યંત્ર એક મોટા લાકડાના કકડાથી બનતું, અને તેને એક છેડે પિત્તળ અથવા લોહોકું જડતા; પછી વગર હરકતે ઝુલા ખાય માટે તેને દોરડે અથવા સાંકલે વતી થોડે એક ઉંચે ટાંગતા, પછી ઘણાં માણસ એકઠાં થઈને તેને હલાવતા, અને જારે તેમાં ધીમે ધીમે વધીને કેટલો એક વેગ ઉત્પન્ન થતો, તારે શેહેરના અથવા કિલાના કોટોને પાડવાસારૂ તેના ઉપર અફાળતા. ગુરુત્વાકર્ષણના બળથી પદાર્થનો વેગ પડતી વખતે જે પ્રમાણે લંબ માર્ગમાં વધેછે, તેમજ આ ઠેકાણે ઘણાં માણસોના જોરથી ક્ષીતિજસમસૂત્રે માર્ગમાં તેનો વેગ વધતો હતો.

પૃથ્વીમાં લાકડાં વગેરે ઘાલીને જમીનને સકત કરવાસારૂ જે યંત્ર છે, તે નીચેની તરફ અથવા લંબ માર્ગમાં જે બળ થાયછે તેના સંચયનો એક દાખલો છે.

એ યંત્રમાં (अ) કઠણ લાકડાનો ઘણો ભારી કડકો છે, (આકૃતિ ૨૯ મી), અને એનો આકાર ધોબીના કોટીલા જેવો છે; તથા તે, (ब) અને (क) ઉભા થાંભલાની ઉપરનીચે સરકી શકેછે. જારે ખુંટા જમીનમાં ઉતારવાના હોયછે તારે જે દોરડું (ग) ચક્ર, જેને ઇંગ્રેજીમાં વિન્ડ્લાસ્ કેહેછે, તેની સાથે બાંધેલું હોયછે, તેની સહાયતાથી તે કોટીલાને થાંભલાની ટોંચ સુધી ઉપર ખેંચેછે અને એક શેહેલ યુક્તિથી (ड) આંકડામાંથી તેને કાહાડી નાખેછે, એટલે તે (स) ખુંટા ઉપર પડેછે. હવે મનમાં આણ કે કોટીલાનું વજન ૫૦૦ શેરનું છે, અને તે દર સેકંદે આઠ ફુટ પ્રમાણે પડેછે;

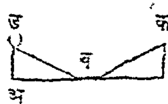
આકૃતિ ૨૯. તેટલા માટે તે ૪૦૦૦ ના વેગમાને વતી



નીચે પડશે, કેમકે તેનું વજન જે ૫૦૦ શેર છે તેને, તેનો વેગ જે આઠનો છે તેણે ગુણ્યાથી ૪૦૦૦ થાયછે; અને તે જાહાંથી પડેછે તે ઉંચાઈ જેમ જેમ વધતી જાયછે તેમ તેમ તેનું વેગમાન કહ્યાને જે બળથી તે લાકડાના ખુંટા ઉપર અથડાયછે તે બળ અધીક થતું જાયછે.

જેમ ભારી પદાર્થોના વેગ નીચે પડતી વેલાએ એકસરખા વર્ધમાન થાયછે, તેમ ચઢતી વેલાએ ગુરુત્વાકર્ષણના બળથી તેઓના વેગ એકસરખા ક્ષીયમાણ થાયછે. જો પથરને કોઈ ઉંચા સ્થળની ટોંચ સુધી ઉપર ફેંકવો હોય તો તે સ્થળથી તે ભુંઈ સુધી આવે તાંહાં સુધીમાં જેટલું બળ તેને વિશે ઉત્પન્ન થાય, તેટલા બળે તેને ઉપર ફેંકવો જોઇએ. (૩૦ મી આકૃતિ પ્રમાણે) (ड) પદાર્થને (अ) ઢોળાવની સફાઈ ઉપરથી (व) લગી ગબડાવામાં જેટલો વખત લાગશે, તેટલા વખ-

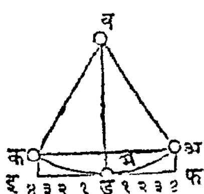
આકૃતિ ૩૦.



તમાં તેને વિશે એટલો તો વેગ ઉત્પન્ન થશે કે તેથી કરીને, (वड) જેટલીજ ઉંચાઈના (वक) ઢોલાવની (क) ટોંચની લગભગ તે જશે; પણ જો તે સફાઈ કેવળ લીસી હોય અને વાયુનો પ્રતિબંધ નડે નહીં તો, તે વેગે કરીને તે છેક ઉપરની ટોંચસુધી જશે. અને આંદોલક પણ એજ મૂળતત્વના આધાર ઉપરથી બનેલું છે.

નાહાની દોરીએ અથવા તારે એક ગોળાકાર પદાર્થ લ-ટકતો મુકેછે તેને આંદોલક કેહેછે; જો તેને ૩૧ મી આકૃતિ પ્રમાણે (अ) લગી ખેંચીને મુકી દીધો તો, તે (ड) સુધી નીચો ઉતરેછે, અને તે પતનથી તેને વિશે જે વેગ ઉત્પન્ન થાયછે, તેથી તે જેટલે ઉંચેથી ઉતર્યો તેટલેજ ઉંચે બિજી તરફ (क) સુધી ચઢશે. એ ક્રિયાને આંદોલન કેહેછે. અને જો આંદોલકને નિર્વાત સ્થળમાં મુકીને ગતિમંત કરીએ, અને તે, સઘળા પ્રતિબંધથી અને આધાર બિંદુ ઉપર જે ઘર્ષણ થાયછે તેથી રહિત હોય તો, તે સદાકાળ ચલન પામ્યા કરશે. આંદોલકના પડવાથી આંદોલન ઉત્પન્ન થાયછે; જો એજ આકૃતિમાં (वड) લિટી ક્ષિતિજ રેષા ઉપર લંબ હોય અને (इफ) તેની સાથે સમાંતર હોય તો તેને (ड) થી તે अ સુધી ઉંચો આણ્યાથી તે વાસ્તવિક (अफ) લંબોચ્ચાઇ જેટલો ઉંચો ચઢશે; અને (अ) થી તે (फ) સુધી પડત તેવારે

આકૃતિ ૩૧.



જેટલો વેગ ઉત્પન્ન થાત, તેટલાજ વેગે (अमड) વાંકી કર્ણ લિટીમાં તે (अ) થી તે (ड) સુધી નીચે ઉતરશે. કશું પણ એક આંદોલક ગમે તેટલી જુદી જુદી લંબાઇના કૌસમાં ચલન પામે તોપણ આંદોલન બરોબર વખતમાંજ બનેછે; માત્ર એટલુંજ થવું જોઇએ કે તે કૌસની લંબાઇ કાંઈ એક હદ છે તેની બાહાર જાય-

નહીં. અને આ ઉપર કહેલો અજાયબ જેવો ગુણ આંદોલકમાં છે, તેથી કરીને કાળનું પરિમાણ કાહાડવાના કામમાં એ ઘણું ઉપયોગી પડેછે. આંદોલન થતી વેલાએ વાયુનો પ્રતિબંધ તેને થાયછે તેથી કરીને ઉત્તરોત્તર તેનું જોર નરમ પડતું જાયછે; તથા જે કૌસમાં આંદોલકનું ગમન થાયછે તે પ્રત્યેક કૌસ પણ પ્રથમના કૌસ કરતાં ઉત્તરોત્તર નાહાનો થતો જાયછે; આંદોલન નિરંતર ધીમાં થતાં જાયછે. એવું છતાં પણ ચારથી તે ચાર સુધી અને ત્રણથી તે ત્રણ સુધી અને એ પ્રમાણે આગળ છેક બંધ પડી જાય તાંહાં સુધી તે ઝોલાના ગમનને જે વખ્ત લાગેછે તેમાં ઘણોજ અલ્પ તફાવત પડેછે. એક જાતની વાંકી લિટીમાં બરોબર વખ્તે આંદોલન થાયછે, તે વાત પેહેલવેહેલી ગાલિલીયો સાહેબે શોધી કાહાડી; અને એવું કેહેછે કે પાઇસાના દેવલની છજે જે ઝુમ્મર ટાંગેલું હતું તેને હાલતું જોયાથી તેના મનમાં એ વાતનો વિચાર ઉઠ્યો. ઝુમ્મરના ઝોલા ગમે તેવા મોટા નાહાના થતા હતા તોપણ દર એક આંદોલનને બરોબર વખ્ત લાગેછે તે જોયાથી એ વાતનો નિર્ણય કરવો એવું તેના મનમાં આવ્યું, અને તપાસ કિધાથી આંદોલન સમાન વખતમાં થાયછે એવું સિદ્ધ થયું.

ભાગ પાંચમો.

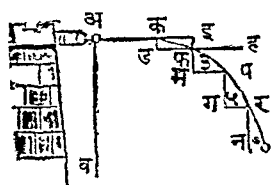
વાંકી લિટી માંહેના ચલન વિશે.

કોઈ પણ પદાર્થ ઉપર જારે એકજ બળની, અથવા મિશ્ર બળની, અથવા ગુરુત્વાકર્ષણના બળની પ્રેરણા થાયછે, તારે તે શી રીતે ચલન પામેછે, તેનું વર્ણન આગળના ભાગોમાં કીધુંછે, તેથી શિખનારાઓને વાંકી લિટીમાં જે ગમન થાયછે તેનું સ્વરૂપ સેહેલથી સમજાશે. એ જાતની ગતિ તેના નામ ઉપરથીજ માલમ પડશે કે સીધીને સીધી આગળની તરફ અથવા કર્ણ લિટીમાં થતી નથી, પણ વાંકી લિટીમાં થાયછે; અને હરકોઈ ગતિમાન્ પદાર્થઉપર ગુરુત્વાકર્ષણનો વ્યાપાર થયાથી તેવી ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે: પાણીનો ધોધવો અગાસીના નળમાંથી નિકળીને જમીન ઉપર પડેછે તે વાંકી લિટીમાં ગમન થાયછે તેનું ઉદાહરણ છે; અને નળમાંથી પાણી વત્તે ઓછે વેગે પડેછે તે ઉપરથી તે વાંકી લિટીનો આકાર નાહાનો મોટો થાયછે.

તોપથી છુટેલો ગોળો અથવા હાથે ફેંકેલો પથ્થર ગુરુત્વાકર્ષણનાં બળથી નીચેની તરફ પડેછે, તે પણ વાંકી લિટીમાં જે ગમન થાયછે તેનો એક દાખલો છે, કેમકે આગળ લઈ જનારૂં બળ એકજ વાર થઈને બંધ પડેછે; પણ વાંકું વાળનાર બળની પ્રેરણા તો ક્ષણે ક્ષણે બનેછે, અને પ્રત્યેક ક્ષણે નવું નવું કાર્ય ઉત્પન્ન થયા

વાંકા માર્ગમાં ગમન થાયછે: પથ્થર ફેંકિએ છેએ અથવા ગોળી મારિએ છેએ તારે, વાયુના પ્રતિબંધે કરીને હાથની અથવા દારૂની શક્તિ ક્ષણે ક્ષણે નરમ પડતી જાયછે, તથા પાછલા ભાગમાં બતાવ્યા પ્રમાણે ગુરૂત્વાકર્ષણના જોરથી પદાર્થનો વેગ વર્ધમાન્ થતો જાયછે; અને તેણે કરીને પરિણામ એવો થાયછે કે સર્વ ઠેકાણે બે શક્તિના જોરથી ફેંકેલો પદાર્થ વાંકી લિટીમાં ગમન પામેછે.

આકૃતિ ૩૨.



મનમાં આણ કે પાસેની ૩૨ મી આકૃતીમાં (अ) તોપથી તરત છુટેલો ગોળો છે, તો પછી ગુરૂત્વાકર્ષણનાં બળથી (अव) માર્ગમાં તે ગોળો નીચેની તરફ ખેંચાશે, અને દારૂના જોરથી તે સામો (अक) માર્ગમાં જશે, અને એવી રીતે તે પદાર્થ ઉપર બે પ્રેરણા થયાથી તેઓના વ્યાપાર એક બિજાની વિરુદ્ધતામાં થશે; પણ (अ) થી તે (व) સુધી દારૂનું બળ ગુરૂત્વાકર્ષણનાં બળ કરતાં એટલું તો અધિક હોયછે, કે ગુરૂત્વાકર્ષણનું બળ કાંઇજ માલમ પડશે નહીં એવું ધાર્યું તો ચાલશે; એટલા માટે તે ગોળો કેટલે એક દૂર સુધી સીધા માર્ગમાં આગળ ચાલ્યો જશે. પણ ગુરૂત્વાકર્ષણનું બળ નિરતર થયા કરેછે તેથી (क) આગળ દારૂનું બળ એટલુ તો નરમ પડેછે કે, ગુરૂત્વાકર્ષણના જોરથી તે નીચે ઉતરવા માંડેછે એવું ધાર્યું તો ચાલશે; અને એવું

થયાથી જો (क) થી તે (इ) સુધી જતાં જતાં તે ગોળો (क ड) જેટલો નીચો ઉતરે તો તે (फ क) કર્ણ લિટીમાં ચલન પામશે, અને બિજા તેટલાજ વખતમાં (क ड) કરતાં ત્રણગણા અંતરમાં અથવા (फ) થી તે (म) સુધી નીચો ઉતરશે, પણ દારૂનું બળ પેહેલાં કરતાં એટલું તો નરમ પડશે કે તે બળે કરીને માત્ર તે (ह) સુધી જશે; એટલામાટે તે પદાર્થ (प) આગળ માલમ પડશે; અને વળી બિજા તેટલાજ વખતમાં પાંચગણું એટલે (र) સુધી ઉતરશે, અને તેથી તે (ग) આગળ આવશે; પછી બિજા તેટલાજ વખતમાં સાતગણું નીચે ઉતરશે અને તેથી તે (न) આગળ જમીનઉપર આવીને તાંહાં અટકશે; અને એ ખુલ્લું છે કે (अ) ગોળો (क) થી તે (न) સુધી વાંકી લિટીમાં ગમન કરેછે તે વેળાએ તેના ઉપર બંને બળોનો સાથે વ્યાપાર થાયછે.

પાછળ એ વાત જણાવી છે કે ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ હમેશાં સરખું થાયછે, તેથી કરીને જે વાંકી લિટીમાં પદાર્થ પડેછે તેનો આકાર જે બળ તે પદાર્થને આગળ લઈ જાયછે તેને સ્વાધિન છે; એ બળ ગમે તેટલું હોય તોપણ, જો કોઈ પદાર્થને, જાણે કે એક તોપના ગોળાને ક્ષિતિજ રેષામાં ફેંક્યો તો, તે પદાર્થને જેટલી ઉંચાઈ ઉપરથી ફેંક્યો છે તેટલીજ ઉંચાઈ ઉપરથી ગુરુત્વાકર્ષણનાં બળે કરીનેજ માત્ર તેને પડવા દીધો હોત, તારે જેટલો વખત લાગત તેટલોજ વખત જમીનઉપર પોહોંચવાને તેવારે પણ લાગશે; એ વાત વિચાર કીધાવિના અસંભાવ્ય લાગેછે ખરી, પણ આગળ લઈ જ-

નારાં બળથી ગુરુત્વાકર્ષણનાં બળને જરી પણ હરકત પોહોંચતી નથી એ મનમાં આણ્યાથી તે વાત સેહેજમા ધ્યાનમાં આવશે. જો એક સેકંદમાં ૧૦૦૦ ફુટના વેગથી ક્ષિતિજ રેષામાં ચલન પામે એવી રીતે તોપથી ગોળાને ઉડાડ્યો તો, ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ તેટલીજ ઉંચાઈ ઉપરથી એક સેકંદમાં ફકત ૧૦૦ ફુટના વેગથી ફેંકેલા બિજા ગોળાને જેટલાં બળથી નીચેની તરફ આકર્ષણ કરશે તેટલાજ બળે તેને પણ કરશે; તેટલામાટે બરોબર અંતર ઉતરવાને બરોબરજ વખત લાગશે. જે બળે કરીને બેઉ ગોળા ફેંકયા હશે તે બળ પ્રમાણે તે બેઉનું પાસે આઘે જવું થશે: જો એકને બિજા કરતાં વધવી પ્રેરણા કીધી હશે તો તે જેના ઉપર ઓછી પ્રેરણા થઈ હશે તેના કરતાં વધારે દૂર જશે; પણ તે બંને એકજ સમયે જમીનઉપર પોહોંચશે, કેમકે જે ધીમે ચાલેછે તેને થોડું અંતર કાપવાનું છે, અને જે ઉતાવળો ચાલેછે તેને વધારે જવાનું છે.

પદાર્થને ફેંકીએ છેએ તારે તે જે વાંકી લિટીમાં ચલન પામેછે તેને પરાબલા કેહેછે, અને વાયુનો પ્રતિબંધ હીસાબમાં લીધો નથી તોપણ વ્યવહારિક કામમાં તેની સારી પેઠે અસર દીઠામાં આવેછે.

ભાગ છઠો.

ગુરૂત્વમધ્ય વિશે.

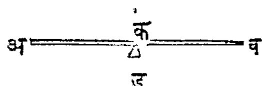
પદાર્થના જે બિંદુમાં તેના ગુરૂત્વનું અથવા વજનનું મધ્ય-ળું બળ એકઠું થાયછે, તે બિંદુને ગુરુત્વમધ્ય કેહેછે. તેટલા માટે તે બિંદુને જેનો આધાર તેના ઉપર તે આખા પદાર્થનો ભાર પડેછે; અને જાંહાં સુધી તેને આધાર મળેલો હોયછે તાંહાં સુધી તે પદાર્થ પડતો નથી. કેમકે તેના બધા અવયવ તે બિંદુની આસપાસ પૂર્ણ સમતોલમાં હોયછે. જો આપણે લાકડીને આપણી આંગળી ઉપર સમતોલ રાખવાને પ્રયત્ન કરીએ તો, થોડી એક વાર અજમાવી જોતાંમાંજ જે સ્થળ આગળથી બેમાંથી એકુ છેડો નમી જતો નથી એવું સ્થળ આપણને હાથ લા-ગશે; પછી લાકડીનો જે ભાગ આપણી આંગળી ઉપર રેહેછે તે ગુરુત્વમધ્યથી સીધો નીચો હોયછે.

જારે પદાર્થ માત્ર ગુરુત્વાકર્ષણના બળે કરીનેજ પડેછે, તારે હરકોઈ પદાર્થના ગુરુત્વમધ્યથી તે પૃથ્વીના મધ્ય તરફ એક લિટી દોરી એવી કલ્પના કીધી તો, તે લિ-ટીના માર્ગમાં તેઓ પડશે, અને એટલામાટેજ તેને ગુરુત્વરેષા કેહેછે.

જો એક છેડાથી તે બિજા છેડાસુધી એકસરખી જાડાઈ અને દાર્ઘતાની (અ વ) લાકડાની દાંડી અથવા

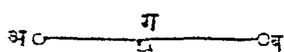
ધાતુના સળીઆને, તાજવાની દાંડી પ્રમાણે તેને મધ્ય-ભાગે ટાંકલીની અણીનો, અથવા તેના (क) મધ્યની નીચેના (ड) બિંદુનો આધાર આપ્યો, તો તેના બંને છેડા એક એકને સમતોલ રાખશે, અને તે દાંડીને સ્થિર રેહેવાને બિજો કાંઈ આધાર જોઈશું નહીં. (આકૃતિ ૩૩ મી)

આકૃતિ ૩૩.



પાછળ કહેલા ગુરૂત્વાકર્ષણના નિયમ પ્રમાણે એ વાત બનેછે, કેમકે પ્રત્યેક છેડામાં, અથવા (अ) અને (क) ની વચ્ચે, અને (व) અને क ની વચ્ચે, પ્રકૃત્યંશ બરોબર છે તેથી કરીને ગુરૂત્વાકર્ષણ બરોબર થાયછે, અને તેટલામાટેજ તે દાંડી સમતોલ રેહેછે. એ વાત સારી પેઠે ધ્યાનમાં આવે માટે ધાર કે, (अ) અને (व) બે બરોબર પરમાણુના પદાર્થો (अ व) સીધા સળીઆને છેડે મુકેલા છે (આકૃતિ ૩૪ મી); તારે

આકૃતિ ૩૪.



(अ) અને (व) ની વચ્ચો વચનો બિંદુ તે પદાર્થોનું ગુરૂત્વમધ્ય થશે, કેમકે એ ખુલ્લું છે કે (ग) ને આધાર મળ્યો તો બંને પદાર્થ તેની આસપાસ પોતપોતાની મેળે સમતોલ રેહેશે. (ग) ઉપર (अ) અને (व) પદાર્થોના વજન જેટલું દાબણ થશે; અને તેટલા માટે (अ) અને (व) આગળ બે પદાર્થ મુક્યા, અથવા તે બેના વજન જેટલો એક પદાર્થ (ग) આગળ મુક્યો, તો પણ કાર્ય એકસરખુંજ થશે. ૩૫ મી આકૃતિ પ્રમાણે (अ व क ड)

ઇત્યાદિ પદાર્થો એક નમે નહીં એવા (अ न) સળીઆ ઉપર સરખે અંતરે મુક્યા

આકૃતિ ૩૫.

स

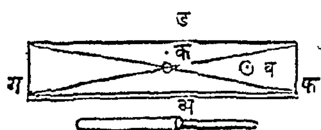
अ व क ड इ फ च ल म न

તો, તેનું પણ વિવેચન એજ રીતે કીધામાં આવશે, એટલે (अ) અને (न) નું દાબણ, તે બંનેને (स) આગળ મુક્યા હોત તારે જેટલું થાત તેટલુંજ હમણા થશે; (व) અને (म) નું તેમને (स) આગળ મુક્યા હોત તારે થાત તેટલુંજ થશે; અને એ પ્રમાણે આગળ પણ; એટલાસારૂ (अ व क ड) ઇત્યાદિ પરમાણુઓનું દાબણ (अ+व+क+ ઇત્યા.+फ+च+ઇત્યા.) (स) આગળ મુક્યા હોત તારે જેટલું થાત તેની બરોબર થશે.

એ ખુલ્લું છે કે (अ व क ड) ઇત્યાદિ પરમાણુનો સમુદાય, જાંહાંસુધી તે એક બિજા સાથે સંલગ્ન થાય તાંહાંસુધી વધી શકેછે; પછી આપણે એવી કલ્પના કરીયે કે, તેઓ એક ગુરુત્વરહિત સીધા સળીયાથી એકઠા રહેલા છે, અથવા સ્નેહાકર્ષણના જોરથી બરોબર ઘટ્ટ થઈ ગયાછે, તોપણ તે કાર્યમાં કાંઈ અંતર પડશે નહીં.

ઉપરનાં બંને ઉદાહરણોમાં ગુરૂત્વમધ્ય અને મહત્વમધ્ય એકજ છે; પણ જારે પદાર્થની દાઢર્યતા સર્વ સ્થળે બરોબર હોયછે, તારેજ માત્ર એ પ્રમાણે બનેછે: ઉદાહરણ, જો (ड) ગજિયો સઘળે સમાન દાઢર્યતાનો રાખ્યાને બદલે, (फ) થી તે (क) સુધી તેનો એક છેડો

આકૃતિ ૩૬.

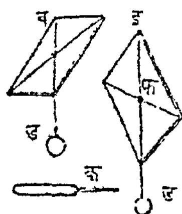


સીસે વતી અથવા હરકોઈ ભારે પદાર્થે વતી ભર્યો હોય, અને બિજો છેડો (क) થી તે (ग) સુધી લાકડાનો હોય, તો (फक) માં (गक) કરતાં વધારે વજનના પરમાણુ થશે, અને તેટલામાટે (अ) ટાંકલી તેના (क) મધ્યમાં ખોસી તો ગજિયો (फक) તરફ નમી જશે; પણ (व) બિંદુ જે તેનું ગુરુત્વમધ્ય છે, તે બિંદુ આગળ ટાંકલી ખોસી તો તે સમતોલ રેહેશે; અને એઉપરથી માલમ પડશે કે ગુરુત્વમધ્ય (ड) ગજીઆના બરોબર મધ્ય ઉપર નથી. (આકૃતિ. ૩૬ મી.)

જે બિંદુ આગળ પદાર્થને આધાર મેળેછે તેની નીચેની તરફ ગુરુત્વમધ્યનું હમેશાં વલણ રેહેછે, તેથી કરીનેજ ઉંચા ઘાટનાં પદાર્થને સમતોલ રાખવાને અથવા આધાર આપવાને મુશ્કેલ પડેછે. પદાર્થ લટકતો હોયછે તારે ગુરુત્વમધ્યને જે નીચામાં નીચું સ્થળ મળી શકે, તે સ્થળ જે બિંદુ આગળથી તે લટકેછે તેથી સીધું નીચું હોયછે, તેથી કરીને પ્રત્યેક પદાર્થ જે વગર હરકતે લટકેછે તેનું ગુરુત્વમધ્ય તે બિંદૂની નીચે આવશે.

ગમે તેવા આકારના, પણ સરખી સફાઈના પદાર્થોનાં ગુરુત્વમધ્ય શોધી કાહાડવાની નીચેની એક સેહેલી વ્યવહારિક રીતિ છે. મનમાં આણ કે (अ) એક પાટિયું છે, પછી તેના ગમે તે ખુણા આગળ જેમકે (प) આગળ (व) તાર દાખલ થાય એવો એક વેહે પાડ; તે તાર એટલો મજબુત જોઈએ કે પાટિયું તેને આધારે રેહે તથા તેની આસપાસ ફરી શકે: ૩૭ મી આકૃતિ

જો. એવું થયાથી તે તાર પાટિયાનો આધાર બિંદૂ થશે, અને તેજ તારઉપર જે આકૃતિ ૩૭.



ઓળંબો ભેરવેલો છે તેની (च ङ) દોરી ગુરુત્વરેષા દેખાડશે; પછી તે ઓળંબાના માર્ગમાં કોઇએક સ્થળે તે પાટિયાનું ગુરુત્વમધ્ય આવશે. હવે ઓળંબાની દોરીથી પાટિયા ઉપર જે લિટી થાય તે દોરી રાખ, અને તેના બિજા ગમે તે છેડા ઉપર જેમકે (इ) આગળ તેવોજ એક બિજો વેહે પાડ; અને અગાઉ પ્રમાણે તાર ઘાલીને ઓળંબો લટકાવ; પછી એથી જે (इ ङ) દોરી દીઠામાં આવશે તેના પણ કોઇએક ભાગમાં તેનું ગુરુત્વમધ્ય આવશે; પણ ગુરુત્વમધ્ય કાંઈ બે સ્થળમાં રહી શકતું નથી. માટે એ બે લિટિઓ (फ) સ્થળ આગળ અરસપરસને છેદેછે તે બિંદૂ તે પાટિયાનું ગુરુત્વમધ્ય બતાવશે.

હરકોઈ જાતનો પદાર્થ પોતાના ગુરુત્વમધ્યને આધાર મળ્યા શિવાય સ્થિર રહી શકતો નથી, એ ઉપરથી એવું નિકળેછે કે, જે લિટી ગુરુત્વમધ્યથી પૃથ્વી તરફ લંબ દોરી, તે જો તે પદાર્થના પાયામાં પડે તો તે પદાર્થ પડશે નહીં. એ વાત સેહેજમાં ઉઠાવાય મેહેલાય એવા પદાર્થોએ કરીને સેહેલથી બતાવ્યામાં આવશે; પણ જારે પદાર્થો અચળ હોયછે તારે એ રીતિ લાગુ પડતી નથી; એવે પ્રસંગે તેઓનાં ગુરુત્વમધ્યનો નિશ્ચય ફક્ત પ્રયોગથી અથવા ગણિતથી થાયછે, અને તે ગ-

ણિતમાં દર એક પદાર્થનું વજન, દાઢર્યતા, અને સ્થળ હિસાબમાં લેવાં જોઇએ; અને એ રીતે ગુરુત્વમધ્યની જગો માલમ પડ્યાથી, તે પદાર્થ સ્થિર રેહેશે કે નહીં તે સમજ્યામાં આવશે.

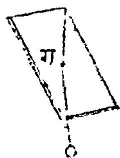
નમીગયલા બુરુજ અને મનારાઓના જે ઘણાએક દાખલા પૃથ્વી ઉપર જોયામાં આવેછે, તેઓને માટે પણ એક જાતનું ગણિત લાગુ પડેછે. ઇતાલિ દેશના પાઇસા શેહેરના બુરુજનો એક ચમત્કારિક દાખલો છે; તેની ઉંચાઈ ૧૮૨ ફુટ છે, અને તે લંબથી ૧૬ ફુટ બાહાર ઓંક ખાઈ ગયલો છે; તે સેંકડો વર્ષ થયાં એજ પ્રમાણે છે, અને ઘણું કરીને બિજાં સેંકડો વર્ષ સુધી એમજ રેહેશે. બોલોગ્ના આગળ બે શિખરો છે તેપણ ઓંક ખાઈ ગયલાં છે, અને એવી ખબર મળેછે કે ઇશિવી સન ૧૫૮૦ ના આગળનાં તેઓ એવીજ અવસ્થામાં છે. સૌથ વેલ્સમાં લાંડાફ્‌ની પાસે કેરફીલી કાસ્ટલ્ આગળ અગ્નિકોણ તરફ્‌નો બુરુજ ભાગ્યેજ ૮૦ ફુટ ઉંચો હશે, તો પણ તે ૧૧ ફુટ લંબની બાહાર નમેલો છે. ડોર્સેટ્શાયરમાં કોર્ફ કાસ્ટલ્ આગળ, તથા બ્રીજનોર્થ અને બિજાં કેટલાંએક સ્થળ ઉપર એવાજ દાખલાઓ છે.

જારે ગુરુત્વરેષા પાયાથી બાહાર પડેછે, તારે પદાર્થમાં પડવાનું વલણ રેહેછે એ વાત નીચેના દાખલાઓથી જલદીથી સમજ્યામાં આવશે.

૩૮ મી આકૃતિ પ્રમાણે કોઈ પદાર્થને ટેબલની કોરે મુકીને તેનાં ગુરુત્વમધ્યથી એક ઓળંબાની દોરી લટ-

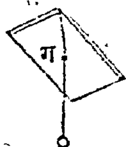
કાવીયે, અને જો તે પાયાની અંદર પડે તો તે પદાર્થ સ્થિર રેહેશે, કેમકે ગુરુત્વ-મધ્યને આધાર મળેલો છે; પણ જો તે પાયાની બાહાર પડે તો તે પદાર્થ પડી જશે, કેમકે તે આધારરહિત થાયછે. એ પછવાડેની વાત ૩૯ મી આકૃતિ પ્રમાણે તે લાકડાના કકડાને ફેરવીને મુક્યાથી બતાવ્યામાં આવશે.

આકૃતિ ૩૮.



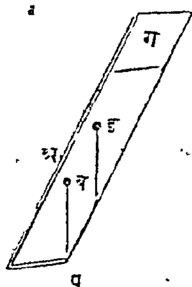
જો ગુરુત્વરેષા છેક પાયાની ટોંચ ઉપર પડે, તો તે પદાર્થની સ્થિતિ એવી તો થશે કે, લગારેક આચકો લાગ્યાથી જેણી તરફ ગુરુત્વરેષા પડશે, તેણી તરફ તે પદાર્થ ઉથલી પડશે.

આકૃતિ ૩૯.



પાસેની ૪૦. મી આકૃતિમાં (अ) લાકડાનાં કકડાનું (व) ગુરુત્વમધ્ય છે એમ મનમાં આણ, અને એવું ધાર કે (वप) ગુરુત્વરેષા પાયાની અંદર પડેછે; તેટલામાટે તે પદાર્થ ઉપર કહેલા કારણથી સ્થિર રેહેશે. પણ (अ) ના ઉપર બિજો (ग) લાકડાનો કડકો મુક્યો, તો તે બંને કકડાનું ગુરુત્વમધ્ય હવે (इ) સ્થળે ઉંચું આવશે; અને જો તે (इ) બિંદુ-થી ઓળંબો લટકાવ્યો તો ગુરુત્વરેષા પાયાની બાહાર પડશે, અને તેટલામાટેજ તે લાકડાનો કડકો પડી જશે. અને એજ કારણમાટે જ્યારે મછવો ઘણો વાંકો વળી

આકૃતિ ૪૦.

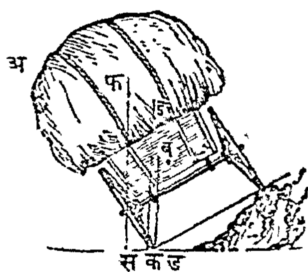


જાય, તારે ઉતારુઓએ એકદમ ઉભાથવું નહીં, કેમકે એવું કીધાથી ગુરુત્વમધ્ય ઉપર આવેછે, અને તેથી કરીને ગુરુત્વરેષા બાહાર પડવાના વધારે જોખમમાં રેહેશે.

ગાડું ભરતી વખતે ભારેમાં ભારે વસ્તુઓ નીચે અને હલકામાં હલકી તે ઉપર સીંચવી જોઈએ; કેમકે ગુરુત્વ-મધ્ય જેમ ગાડાં અને તે માંહેના બોજની તરફ નીચે હશે તેમ ઉથલવાનું જોખમ તેને થોડું રેહેશે.

મનમાં આણ કે (अ) ભારે ભરેલું ગાડું ઢોળાવવાળા રસ્તા ઉપરથી જાયછે, (આકૃતિ ૪૧ મી); તેમાં જે

આકૃતિ ૪૧.



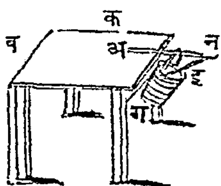
ઘણીજ ભારે વસ્તુઓ નીચે અને ઘણી હલકી વ-વસ્તુઓ ઉપરની તરફ સીંચી હશે, તો ગુરુત્વમધ્ય નીચેની તરફ આવશે. એવું ધાર કે એ આકૃતિમાં (व) બિંદૂ ગુરુત્વમધ્ય દેખાડેછે; એ ઠેકાણે (वड) ગુરુત્વ-રેષા પાયામાં એટલે બંને પઇંડાની વચમાં પડેછે તેથી કરીને તે ગાડાને આધાર મળેછે. પણ જો વસ્તુઓ એવી રીતે સીંચી હોય કે તેનું ગુરુત્વમધ્ય ઉંચે (इ) આગળ આવે, તો (इक) ગુરુત્વરેષા છેક પઇંડાંની નીચે આવી જશે, અને એવી અવસ્થામાં તેને લગાર આચકો લાગ્યાથી તે તરત ઉંધું વળશે. પણ જો ગુરુત્વમધ્ય હજી જરી ઉંચું (फ) આગળ જાય, અને (फस) ગુ

રુત્વરેખા પઈડાંની બાહાર પડે, તો તે ગાડું પોતાના બોજે કરીનેજ ઉંધું વળશે.

ઉપર જે કહ્યું છે તેથી સ્પષ્ટ માલમ પડેછે કે ગુરુત્વમધ્ય જેમ નીચે ઉતારતા જઇએ છેઇએ, તેમ પદાર્થની સ્થિરતા વધતી જાયછે. એ વાત શી રીતે પ્રત્યક્ષ બતાવ્યામાં આવેછે, તે નીચેની આકૃતિ ઉપરથી સહજ ધ્યાનમાં આવશે.

(अ) લાકડી ઉપર એક (ग) ડોલ લટકાવ, અને બિજી (इ) લાકડી એવી રીતે ભેરવ કે તેનો એક છેડો (अ) લાકડીની (न) ખાંચમાં, અને બિજો છેડો ડોલમાં રેહે; પણ એ લાકડી એવી છે કે જો તેને એકલી રાખી તો તે પડી જશે,

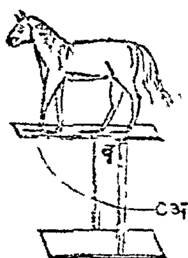
આકૃતિ ૪૨.



કેમકે તેનું ગુરુત્વમધ્ય (वक) ટેબલની બાહાર છે; તે ડોલ એ આકૃતિમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે સમતોલ રેહેશે, કેમકે તે (इ) લાકડીના જોરથી લંબથી લગાર પેલી પાસ ટેબલની તરફ હડસેલાઈ ગયલી છે, તેથી તે સર્વનું ગુરુત્વમધ્ય ટેબલની અંદરની તરફ આવેછે, અને તેણે કરીને તેને આધાર મળેછે. (આકૃતિ ૪૨ મી.)

પદાર્થનાં ગુરુત્વમધ્યને સારી પેઠે નીચે આણ્યાથી જે કાર્ય ઉત્પન્ન થાયછે, તે નીચેની આકૃતિ પ્રમાણે જે ગુલાખાતાં રમકડાંઓ બનાવેલાં છે તેથી માલમ પડેછે. જો (अ) ગોળો ખસેડ્યો તો ઘોડો લાગલોજ ઉથલી પડશે, કેમકે તેવું કીધાથી તેનું ગુરુત્વમધ્ય (ब) ટેકાની

આકૃતિ ૪૩.

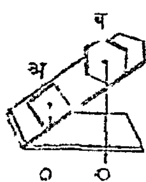


આગળની તરફ જાયછે, અને તેને કરાનો આધાર રેહેતો નથી; પણ ગોળાને પાછો ભેરવ્યાથી તેના ગુરુત્વમધ્યની સ્થિતિ તરત બદલાઈને તે ટેકાની નીચે આવેછે, અને તેથી ઘોડો પાછો સ્થિર રેહેછે. (આકૃતિ ૪૩ મી). જારે માણસ સીધો ઉભો રેહેછે, તારે તેના શરીરના ગુરુત્વમધ્યને તેના પગની પાટલીનો આધાર મળેછે; જો તેના બંને પગને એકઠા બાંધ્યા, અને હાથને બંને બાજુએ બાંધ્યા, તો શરીર લગાર નમ્યું કે તેનું ગુરુત્વમધ્ય લંબથી બાહાર જતું રેહેશે, અને તેથી તે પડી જશેઃ પગ પોહોળા કર્યાથી તે મજબુતીથી ઉભો રેહેછે, કેમકે તેના શરીરને પોહોળા પાયાનો આધાર મળેછે. માણસ પીઠ ઉપર બોજો લઈને જાયછે તારે પોતાના શરીરનું અને બોજાનું ગુરુત્વમધ્ય બંને પાટલીની વચમાં આણવા સારૂ આગળની તરફ વાંકો વળેછે. જો તે બોજાને માથા ઉપર મુકીને લઈ જતો હશે, તો તે સીધો ઉભો ચાલશે અને જારે હાથ ઉપર લઈ જાયછે, તારે તે પાછળથી વાંકો વળેછે. એજ કારણ માટે જારે આપણે ડુંગર ઉપર ચઢીએ છૈયે તારે આગળથી, અને ઉતરીએ છૈએ તારે પાછળથી વાંકા વળીએ છૈએ. અને દીવીના દાંડા કરતાં તેની પડથી પોહોળી રાખવી પડેછે. તેનું કારણ પણ એજ છે. જારે માણસ ચાલેછે તારે ગુરુત્વમધ્યને પગના આંગળાં

ભણી આણવા સારૂ, તથા એવું કીધાથી સ્નાયુનો વ્યાપાર, જેથી શરીર તેજ માર્ગમાં આગળ હડસેલાયછે, તેને મદદ આપવા સારુ તે પોતાનું શરીર લગાર આગળથી વાંકું વાળેછે. હર કોઈ પશુ એક બાજુ ઉપરના બે પગ કદી ઉંચકતું નથી, કેમકે એવું કીધાથી ગુરૂત્વમધ્ય નિરાધાર થાયછે. હર કોઈ પદાર્થ પોતાના પાયાની પોહોળાઈના પ્રમાણમાં મજબુતીથી ઉભો રેહેછે; એટલા માટે લાકડી જેવા ઉંચા પદાર્થને, અથવા કોયલને તેની અણી ઉપર સ્થિર રાખવાને ઘણું મુશ્કેળ પડેછે. પણ શંકુને ઉથલાવવાને ઘણું કઠણ પડેછે, કેમકે ગુરૂત્વમધ્ય નીચેની તરફ હોયછે તેથી ગુરૂત્વરેષા વચમાં રેહેછે. આકાશ ચલ્લીવાળાઓ એક લાંબી લાકડીને છેડે વજન બાંધેછે, અને તેની સાહાયતાથી દર એક ચપળાઈના તમાશા વખત, જે જે નવી સ્થિતિ તેમનું શરીર ધારણ કરેછે, તે તે સ્થિતિમાં ગુરૂત્વરેષા પાયામાં રેહે એવી રીતે ગુરૂત્વમધ્યને ચતુરાઈથી બદલેછે; તેઓ દોરડાની પાસે એકાદ સ્થળ તરફ નજર માંડી રાખેછે, અને તેથી જારે પોતાની સ્થિતિ ફેરવવાની જરૂર પડેછે, તારે તેમને તરત માલમ પડી આવેછે. જે બિંદુની આસપાસ પદાર્થના સઘળા અવયવ બરોબર સમતોલ રેહેછે તેને આપણે ગુરૂત્વમધ્ય કહીએછેએ, તેથી કરીને કેટલીએક વાર એવું બનેછે કે તે બિંદૂ તે પદાર્થમાં હોતું નથી, પણ ખાલી જગોમાં હોયછે. એ ખુલ્લું છે કે પોલો શંકુ, ઘંટડી અથવા હર કોઈ એવા બિજા પદાર્થ એઓનાં ગુરૂત્વમધ્ય તેઓ માંહેલા અવકાશમાં

રેહેછે. એજ પ્રમાણે જો તારની, ઘોડાની નાળ અથવા ગુંછળી બનાવી તો તેનું ગુરુત્વમધ્ય તારમાં રેહેતું નથી, પણ 'વચમાંના' અવકાશમાં રેહેછે. આપણે ઉપર દેખાડ્યું છે કે જેમ જેમ પદાર્થનો પાયો પોહોળો થતો જાયછે, તથા ગુરુત્વરેષા પાયાના મધ્યની પાસે આવેછે, તેમ તેમ તે પદાર્થ ઘણી મજબુતીથી ઉભો રેહેછે. એજ કારણ માટે એક સરખી જગોએ ગોળો સેહેલથી ગબડી જાયછે; કેમકે સઘળા ગોળાકાર પદાર્થનો પાયો બિંદૂરૂપ હોયછે, અને તેટલામાટે એક નાહાના સરખા

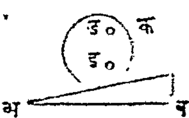
આકૃતિ ૪૪.



બિંદુ જેટલું અંતર પડ્યાથી ગુરુત્વરેષા પાયાની બાહાર પડેછે. એ ઉપરથી ખુલ્લું માલમ પડેછે કે (अ) પદાર્થની ગુરુત્વરેષા પાયામાં પડેછે, તેથી તે પદાર્થ ઢોળાવ ઉપરથી સરકીને નીચે જશે; પણ (ब) પદાર્થની ગુરુત્વરેષા પાયાથી બાહાર પડેછે, માટે તે ગબડી જશે. (આકૃતિ ૪૪ મી).

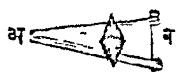
ગુરુત્વમધ્યને તેનાં મૂળ સ્થાન થકી બિજે ઠેકાણે આણ્યાથી આપણાં એક ભુલાવામાં પડીયે એવા ખેલો થાયછે. ૪૫ મી આકૃતિ પ્રમાણે જો (क) સિલિંડર (अ ब) ઢોળાવ ઉપર મુકયું, તો તે પોતાના સ્વાભાવિક ગુણે કરીને નીચે ઉતરશે, કેમકે તેથી કરીને તેનું ગુરુત્વમધ્ય પૃથ્વીની પાસે પાસે

આકૃતિ ૪૫.



આવતું જાયછે; પણ જો તેના નાકાઉપર એક સીસાનો ગઠ્ઠો બાજુ તરફ (इ) પ્રમાણે ખોસી ઘાલ્યો, તો

ગબડતું પાસું નીચે ઉતરે તેની આગમચ જે પાસાઉપર સીસું છે તે પાસું ઉપર ચઢસે; અને તેનું ચઢવું ગુરુત્વાકર્ષણના વ્યાપારથી વિરુદ્ધ છે તેથી તેનું નીચેની તરફનું ગમન બંધ પડશે; પણ જો તે ગઠ્ઠો (ड) સ્થળે હોય તો તે સિલિંડર (इ) આગળથી વાંકું વળશે, અને એજ કારણમાટે તે પોતાના ભારના જોરથી ઉંચે ચઢશે. એ મૂળ કારણ નીચેના ગમત ભરેલા પ્રયોગથી પણ સમજાયામાં આવશે. પાયાની તરફ એકઠા થયલા બે શંકુના જેવા આકારનો એક લાકડાનો કડકો, (अ) છેડા આગળ જે બે આંકણી એકઠી થાયછે તેની ઉપર મુક, અને બિજા (व) છેડા આગળ લગાર પોહોળો માર્ગ કર, અને તે છેડા આગળથી તે આંકણી ઉંચી કર કે એક ઢોળાવ ઉત્પન્ન થાય; પછી તે લાકડાનો કડકો તે ઢોળાવની નીચેની તરફ મુક એટલે તે (अ) થી તે (व) સુધી ઉપરની તરફ ગબડતો જશે. (આકૃતિ ૪૯ મી.) પણ એ નજરની માત્ર ભુલવણી છે, કેમકે બેવડા શંકુનું



આકૃતિ. ૪૯.

જે ગુરુત્વમધ્ય છે, તે મધ્ય તો ગુરુત્વાકર્ષણના નિયમ પ્રમાણે ખરેખર નીચેજ ઉતરેછે.

કોયલને તેની અણી ઉપર ઉભી રખાતી નથી, કેમકે બરોબર અણીના મથાળા ઉપર તેનું ગુરુત્વમધ્ય આણી શકાતું નથી: પણ જો આપણે તેને ફેરવીયે, તો જાંહાંસુધી તે ફરેછે તાંહાંસુધી સમતોલ રેહેશે; કેમકે કોયલના પ્રત્યેક આંટા વખત ગુરુત્વમધ્ય જુદાં જુદાં સ્થાન ધારણ કરેછે, અને તેની ચારે તરફ નમી જ-

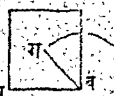
વાને તેમાં એક સરખું વલણ રેહેછે; એ વિરુદ્ધ વલ-ણો જલદીથી એક પછી એક થાયછે તેથી કરીને, તે બન્નેનો વ્યાપાર એકી વખતે થયાથી જેમ એક બિજા-નાં કાર્યનો નાશ થાત તેજ પ્રમાણે એ ઠેકાણે બનેછે.

જો કોઈ અંડાકાર પદાર્થને સરખી જમીનઉપર મુકીને ગતિમાન્ કીધો, તો તે કાંઈક આંદોલકની પેઠે ઝોલા ખાશે, કેમકે જ્યારે તે તેના મધ્યથકી ખસેછે ત્યારે તે-નું ગુરુત્વમધ્ય ઉપરની તરફ આવી જાયછે, અને તે પાછું અસલને ઠેકાણે આવવાનું કરેછે; નક્કર ગોળાના અર્ધને ગબડાવીયે છીએ ત્યારે પણ એમજ બનેછે; કેમકે જ્યારે તે સ્થિર રેહેછે ત્યારે તેનું ચપટું પાસું ઉપરની તરફ આવેછે. એ મૂળતત્વ એક રમુજ ભરેલા રમકડાંથી સારી પેઠે સમજવામાં આવશે; તે રમકડામાં લાકડાના અર્ધ ગોળ ઉપર ગરનું માણસ કરીને મુકેલું હોયછે, પણ તેના પગને ઠેકાણે ગોળ લીસી સફાઈ કીધેલી હો-યછે, અને હમેશાં ઉભું રેહે એવી રીતે તેની નીચેની તરફથી તેમાં સીસું ભરેલું હોયછે; એજ કારણમાટે જ્યારે તેને સુવાડી દૈયે છીએ ત્યારે તે પોતાની મેળે પાછું તરત ઉભું થાયછે.

ઘણું કરીને પદાર્થની સ્થિરતા ગુરુત્વરેખાની સ્થિતીને તથા તે પદાર્થના ઉથલી પડવા અગાઉ તેના ગુરુત્વમ-ધ્યને કેટલું ઉંચું ચઢવું પડેછે તેને સ્વાધીન છે. પદાર્થ ઉથલી પડેછે તે વેળાએ તેનું ગુરુત્વમધ્ય એક વર્તુળના ભાગમાં રહીને ખસેછે, અને તે વર્તુળનું મધ્ય જે બા-જુઉપર તે પદાર્થ ઉભો રેહેછે તેનો એક છેડો

હોયછે. ધાર કે (અવ) એક લાકડાનું ચોરસ ઢીમસું છે, (આકૃતિ ૪૭), અને તેનું ગુરુત્વમધ્ય (ग) આગળ છે. તે લાકડાના કડકાને (व) ધારઉપર ફેરવ્યાથી (ग) ગુરુત્વમધ્ય વર્તુળના જે ભાગમાં ફરશે તેનું (व) મધ્યબિંદુ થશે. અને (व) ખુણાઉપર જે લંબ લિટી થાયછે તેથી લગાર આગળ (ग) ગુરુત્વમધ્ય ચાલ્યું કે લાગલોજ તે લાકડાનો કડકો પોતાના ભારે કરીને પડી જશે.

આકૃતિ ૪૭.



એ મૂળતત્વ, શંકુની આકૃતિ ઉપરથી ઘણું જલદીથી સમજાશે. મનમાં આણ કે ૪૮ મી આકૃતિમાં (अवक) એક શંકુ છે અને તેનું ગુરુત્વમધ્ય (ग) સ્થળે છે; અને એ ખુલ્લું છે કે તે સ્થળ ઘણું નીચેની તરફ છે. હવે તેનો પાયો પોહોળો છે તેથી કરીને તે ઉથલી પડે તેની આગમચ તેનો મોટો ભાગ ઉચકાયો જોઇએ; કેમકે તેને (व) ધારઉપર ફેરવવાસાર ગુરુત્વમધ્ય (ग) થી તે (इ) સ્થળે (गइ) કોસના માર્ગમાં આણવું જોઇએ, અને તેણે કરીને તે (हइ) જેટલો ઉંચો ચઢશે. પણ જો શંકુ વધારે ઉંચો હોત, અને તેનો પાયો એના કરતાં સાંકડો હોત તો એ સ્પષ્ટ છે કે (हइ) ઉંચાઈ પ્રમાણમાં ઓછી થાત, અને તે સહજમાં ઉથલાવાત; તેટલામાટેજ પદાર્થની સ્થિરતા પાછળ કહ્યા પ્રમાણે ગુરુત્વરેષાની સ્થિતીને તથા

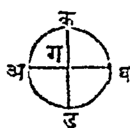
આકૃતિ ૪૮.

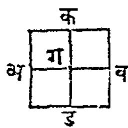


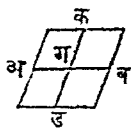
તે પદાર્થ ઉથલી પડવા અગાઉ જેટલું ઉંચે ગુરુત્વમધ્યને ચઢવું પડેછે તે બેઉને સ્વાધીન છે.

ચોરસ, સમાંતરબાજુચોખુણ, વર્તુળ અને એવી બિજી કેટલીએક આકૃતીની દાર્ઢ્યતા જો એકસરખી હોય, તો તેમનાં ગુરુત્વમધ્ય સહજમાં માલમ પડી આવેછે; અને એ વાત નીચેનાં ઉદાહરણથી સાફ માલમ પડી આવશે કે પદાર્થના પરમાણુંઓ, જે બિંદુ આપણે સોધી કાહાડીશું તે બિંદુની આસપાસ સરખા વેહેંચાયલા છે, અને તેટલામાટેજ તે બિંદુ તે પદાર્થનું ગુરુત્વમધ્ય થશે. પાસેની ૪૯ મી ૫૦ મી અને ૫૧ મી આકૃતિઓ સરખી

આકૃતિ ૪૯. આકૃતિ ૫૦. આકૃતિ ૫૧.







દાર્ઢ્યતાના જાડાં પાના અથવા ધાતુના કડકા દેખાડે-છે; હવે તેઓના જુદી જુદી રીતે બરોબર બે ભાગ થાય એવી રીતે (अ ब) (क ड) સીધી લિટીઓ દોર; અને ધાર કે એ આકૃતિઓના પરમાણુંના (अ ब) ની બરોબર અને તેની સાથે સમાંતર લિટીઓથી ભાગ થયલા છે; તો પછી (अ ब) લિટીની પ્રત્યેક બાજુતરફ પરમાણુંનો સમુદાય બરોબર થશે; તેટલામાટે જો (अ ब) લિટીને આધાર મળ્યો તો (अ क ब) અને (अ ड ब) એ બંને ભાગ

તે લિટીની આસપાસ પોતપોતાની મેળે સમતોલ રેહેશે; તેટલામાટે (अ व) લિટીમાં ગુરુત્વમધ્ય રેહેવું જોઇએ. એજ કારણમાટે ગુરુત્વમધ્ય (क ड) લિટીમાં પણ થવું જોઇએ, કેમકે જેટલી લિટી (अ व) સાથે સમાંતર દોરી તેટલી બધી (कड) એ વતી દુભાગેલી છે; અને તેટલામાટે તેઓનું સાધારણ (ग) છેદનબિંદુ ગુરુત્વમધ્ય થશે.

ગુરુત્વમધ્ય અને જડત્વમધ્ય એકજ છે, કેમકે જો સરખી દાર્ઢ્યતાનો એક લાકડાનો કડકો વચ્ચેથી ઉંચક્યો, તો બંને છેડાના જડત્વનો શૈખ્ય બરોબર ભાગેછે, અને બંને એકસરખા ઉંચા આવેછે; પણ જો ત સળીયો એક છેડા કરતાં બિજા છેડાની નજદીકથી ઉંચક્યો તો ટુંકો છેડો પ્રથમ ઉંચો થશે, કેમકે જડત્વમધ્ય બિજા છેડામાં છે પણ ગુરુત્વમધ્ય અથવા જડત્વમધ્ય હમેશાં પદાર્થના પ્રકૃત્યંશના મધ્યમાં હોતું નથી; કેમકે જો પાંચ શેરનું એક (अ) વજન નમે નહીં એવા તારને અથવા લાકડીને એક છેડે ભેરવ્યું, અને માત્ર એક શેરનું (व) વજન બિજે છેડે ભેરવ્યું, તો પણ જો મોટાં વજનના મધ્ય કરતાં નાહાનાં વજનના મધ્યથી પાંચ ગણે અંતરે (क) બિંદુ પર આધાર મળ્યો તો તે બરોબર સમતોલ રેહેશે; અને (अ) અને (व) એ બંને પદાર્થ બરોબર નથી તો પણ તેઓના પ્રકૃત્યંશ ગુણ્યા તેઓના અનુક્રમ વેગે એ બરોબર છે, અને એટલામાટેજ સમ-

આકૃતિ ૫૨.

अ क व

તોલન ઉત્પન્ન થશે. એ વિષયનું આગલના ભાગમાં સારી પેઠે વર્ણન કીધું છે. (આકૃતિ ૫૨.)

જો (अ) અને (व) બંને પદાર્થ બરોબર હોય અને તેઓનું ગુરુત્વમધ્ય ખોળી કાહાડવું હોય, તો આપણે જે લિટી તેઓના ગુરુત્વમધ્યને સાંધેછે તેમાં એક બિંદુ ખોળી કાહાડવું, એવું કે તેનું અંતર તે પદાર્થોના મધ્યથી તેઓના પ્રકૃત્યંશના વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં રેહે. એટલે (व) (अ)ની સાથે જેટલું પ્રમાણ રાખેછે તેટલુંજ પ્રમાણ (अ क) એ (क व) ની સાથે રાખવું જોઈએ; (આકૃતિ ૫૩ મી).

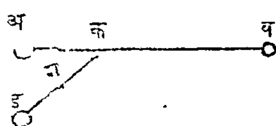
આકૃતિ ૫૩.



એવું થયાથી બેઉનું વેગમાન બરોબર થશે. અને તેથી કરીને (अ) ગુણ્યા (अ क) એ, (व) ગુણ્યા (व क) ની બરોબર થશે. હવે (क) ને આધાર મળ્યો તો તે બિંદુ આગળ (अ) અને (व) બંને પદાર્થ સમતોલ રેહેશે; અને એટલા-માટેજ (अ) અને (व) નું (क) ગુરુત્વમધ્ય છે.

વળી એજ રીતે (अ व क) એવા ત્રણ પદાર્થોનું ગુ-

આકૃતિ ૫૪.

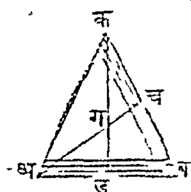


રુત્વમધ્ય પણ નિકળશે, (આકૃતિ ૫૪ મી.) પાછળ કહ્યા પ્રમાણે (अ) અને (व) નું (क) ગુરુત્વમધ્ય શોધીને (इ क) સાંધ, અને (क इ) ના (ग) સ્થળે ભાગ કર, એવા કે જેમ (अ) અને (व) નો સરવાળો જેમ (इ) ને છે, તેમ

(इ ग), (ग क) ને થાય; એવું થયાથી ત્રણે પદાર્થો (ग) સ્થળ ઉપર સમતોલ રેહેશે, અને તેટલામાટેજ (अ) (व) (इ) એ ત્રણેનું (ग) ગુરુત્વમધ્ય છે. એ રીતે ગમે તેટલા પદાર્થોનું ગુરુત્વમધ્ય કાહાડવું હશે તો નિકળશે.

ત્રિકોણનું ગુરુત્વમધ્ય નીચે કહેલી રીત પ્રમાણે નિકળશે. મનમાં આણ કે ૫૫ મી આકૃતિ માહેના (अ-व क) ત્રિકોણનું ગુરુત્વમધ્ય શોધી કાહાડવાનું છે, તો પછી (अ च) (क ड) બે લિટીઓ સામેની બાજુઓને દુભાગે એવી રીતે દોર, એટલે એ બે લિટીઓનો (ग) છેદનબિંદુ તે ત્રિકોણનું ગુરુત્વમધ્ય થશે. (अ व)

આકૃતિ ૫૫.



ની સાથે કેટલીએક લિટી સમાંતર દોર; હવે (ભૂમીતીના ૮૨ મા સિદ્ધાંત ઉપરથી) એ સ્પષ્ટ છે કે તે બધી લિટીઓને (क ड) લિટી દુભાગેછે, અને તેટલામાટે તે બધી લિટીઓનાં ગુરુત્વમધ્ય (क ड) લિટીમાં આવશે. હવે આખો ત્રિકોણ (अ व) સાથેની સમાંતર લિટીઓથી બનેલો છે એવું ધાર્યું તો, એ માલમ પડેછે કે ત્રિકોણનું ગુરુત્વમધ્ય (क ड) લિટીમાં આવશે; અને એજ રીતે એ પણ બતાવી અપાશે કે તે ત્રિકોણનું ગુરુત્વમધ્ય (अ च) લિટીમાં પણ છે; પણ ગુરુત્વમધ્ય કાંઈ બે જગોએ હોતું નથી, માટે (क ड) અને (अ च) લિટીઓના છેદનબિંદુ આગળ એટલે (ग) સ્થળે છે.

ભાગ સાતમો.

યાંત્રિક શક્તિ વિશે.

યાંત્રિક શક્તિ એટલે સાદાં યંત્ર અથવા હથિઆર, અને તેઓની સહાયતાવિના ભારને ઉચકવાને અથવા પ્રતિબંધ દૂર કરવાને જેટલી શક્તિ અથવા બળ કામમાં લેવું પડેછે, તે કરતાં તેઓની યોજનાથી ઓછું લેવું પડેછે.

જારે બળોની યોજના પદાર્થઉપર એવી રીતે થઈ હોય કે, એક બિજાનાં કાર્ય બંધ પડે, તારે તે પદાર્થ સમતોલ રેહેછે; એ ઠેકાણે આપણે જે બળો એક બિજાને સમતોલ રાખેછે તેઓના સંબંધનો માત્ર વિચાર કરવો જોઈએ: સ્થૈર્ય વિજ્ઞાનનો આ વિષય છે, કારણ કે સમતોલન વેળાએ બળોના વ્યાપાર શી રીતે થાયછે તેનો આ વિચાર છે. જો એક અથવા વધારે બળોનો વ્યાપાર સ્થિર પદાર્થઉપર થઈને તેને ગતિમાન કરે, તો કયા માર્ગમાં અને કેટલે વેગે ગતિ ઉત્પન્ન થશે, તથા તે કેટલી વાર રેહેશે એનો વિચાર કીધામાં આવેછે. એ યંત્રશાસ્ત્રનો ભાગ શક્તિવિજ્ઞાન પ્રકરણનો છે.

યંત્રો કાંઈ શક્તિ ઉત્પન્ન કરતાં નથી, પણ માત્ર તેઓ તેનું રૂપાંતર-કરવાનાં અથવા બિજે ઠેકાણે લઈ જવાનાં સાધનો છે. યંત્રોથી અનુકુળ પડતી અને બ-

રખાત ન જાય એવી રીતે શક્તિની યોજના થાયછે; વળી ભાર અથવા પ્રતિબંધ ઉપર લાગલીજ બળની યોજના કરિયે તેના કરતાં યંત્રવડે કીધાથી સુલભ માર્ગે હાથ લાગેછે. કોઈ માણસ પોતાથી બને એટલું બળ કરીને ૧૦૦ શેરનો બોજો એક મિનિટમાં જેટલો ઉંચો ચટાવી શકે, તેટલોજ ઉંચો ૧૦૦૦ શેરનો બોજો ચઢાવવાનો હોય, અને તે કદાપી યંત્રની મદદ લે તોપણ તેનાથી તેટલા વખતમાં ચઢાવાસે નહીં; માટે તે બોજાના દશ ભાગ કરવા પડશે, અને તે પ્રત્યેકને વારા ફરતી ચઢાવવા પડશે: તે માણસ યંત્રની સહાયતાથી તે બધો બોજો એકદમ ચઢાવી શકશે ખરો, પણ ૧૦૦ શેરના બોજાને ઉંચકવાને જેટલો વખત લાગશે તેના કરતાં દશગણો વધારે વખત લાગશે.

મનમાં આણ કે કોઈ માણસને એક મણનો બોજો જમીનથી ત્રણ ફુટ ઉંચે ચઢાવવાનો છે; હવે આ બોજો સહજ ઉંચકાઈ શકે એવો છે માટે તે સ્થળે તે માણસ પોતાને હાથેજ ઉંચકીને મેહેલશે. આ ઠેકાણે એ સ્પષ્ટ છે કે બળ જેટલા વેગથી ગમન કરશે, તેટલા વેગથી વજન ઉંચું ચઢશે કેમકે એ ખુલ્લું છે કે હાથ જેટલી ત્વરાથી ગમન કરેછે, તેટલી ત્વરાથી તે હાથમાં પકડેલું વજન પણ ઉંચું ચઢેછે. પણ જો ૧૫ મણનું ભારે વજન તેટલેજ ઉંચે ચઢાવવાનું હોય તો, તાંહાં યંત્રનાં સાધનથી તેના બળની યોજના કરવી પડશે, એવી રીતે કે મણનો બોજ ૧૫ મણના બોજ કરતાં જેટલો ઓછો છે, તેટલો પંદર મણના બોજાનો વેગ મણના બોજાના વેગ કરતાં ઓછો થાય;

હવે તે વજન પંદરગણું ભારે છે માટે ઉપરના દાખલામાં સિદ્ધ કીધા પ્રમાણે તે પંદરગણા ધીમા વેગથી ચલન પામશે.

આ વાત કેહેવાની જરૂર છે કે યંત્રના મૂળ બીજના વિચારમાં, તેના જુદા જુદા ભાગ ઘર્ષણરહિત તથા કેવળ અનમનીય માનેલા છે; અને એવું ધાર્યામાં આવેછે કે તેઓ ગુરુત્વ તથા જડત્વ રહિત છે. વળી એવું માનેલું છે કે દોરી અને દોરડાં કેવળ નરમ છે. તથા જારે યંત્ર જારી થાયછે તારે તેને વાયુનો પ્રતિબંધ થતો નથી. યંત્રની યોજના શી રીતે થાયછે તે સમજવાસારૂ ચાર વાત ધ્યાનમાં લાવવી જોઇએ: તેમાં પેહેલું એ કે, જે બળ થોભાવી રાખવાનું હોયછે અથવા પ્રતિબંધ દૂર કરવાનો હોયછે તે, અને તે હમેશાં ભારરૂપે દેખાડવામાં આવેછે; બિજું, પ્રતિબંધને થોભાવી રાખવાને અથવા દૂર કરવાને જે બળ અથવા શક્તિ પ્રેરણા થાયછે તે, જેમ કે માણસ, બળદ, વરાળ ઇત્યાદીનું બળ; ત્રિજું ચલનમધ્ય અથવા ટેકો; અને ચોથું શક્તિનો અને પ્રતિબંધનો વેગ. જે બળ થોભાવી રાખવાનું હોયછે અથવા જે પ્રતિબંધ દૂર કરવાનો હોયછે તેને ઉચ્ચાલ્ય કેહેછે; જે બળ અથવા શક્તિ પ્રતિબંધને થોભાવી રાખેછે અથવા દૂર કરેછે તેને ઉચ્ચાલક કેહેછે.

યાંત્રિક શક્તિ ત્રણ છે: તેઓનાં નામ.

૧ ઉચ્ચાલન.

૨ કપ્પી.

૩ ઢોળાવ.

કેટલાએક ગ્રંથકાર એઓને આદ્ય યાંત્રિક શક્તિ કેહેછે, અને તેઓ માંહેની ઉચ્ચાલન અને ઢોળાવ એ બે શક્તિથી બિજી ત્રણ પેદા થાયછે:

૧ આંસસાથે જડેલું ચક્ર, એ ઉચ્ચાલન ઉપરથી.

૨ ફાચર, એ ઢોળાવ ઉપરથી.

૪ મળસૂત્ર, એ પણ ઢોળાવ ઉપરથી.

એઓને અમુખ્ય યાંત્રિક શકિત કહી તો ચાલશે.

નાના પ્રકારનાં યંત્રો ગમે તેવાં ગુંચભરેલાં હોયછે, તોપણ તેઓના જુદા જુદા ભાગ ઉપર કહેલી છ આદિ યાંત્રિક શક્તિમાં પૃથક્ થઈ સકેછે.

ઉચ્ચાલન.

ઉચ્ચાલન સઉથી સેહેલામાં સેહેલું યંત્ર છે, અને એ લોહોડાં, લાકડાં અથવા હરકોઈ બિજા પદાર્થના ગજીયાથી બનેછે; તેને ટેકાઉપર આધાર મળેછે, તથા તેની આસપાસ તે ફરી સકેછે.

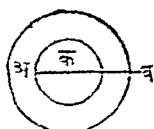
ઉચ્ચાલનમાં ત્રણ વસ્તુનો વિચાર કરવો જોઈએ, તે એ કે ઉચ્ચાલક, ટેકો, અને ઉચ્ચાલ્ય. જે બળની યોજનાથી ઉચ્ચાલ્ય ઉંચકાયછે તથા તેને આધાર મળેછે તેનું નામ ઉચ્ચાલક; ટેકો એટલે આધારસ્થાન જેની આસપાસ ઉચ્ચાલન ફરેછે; ઉચ્ચાલ્ય એટલે પ્ર-

તિબંધ અથવા બોજો જે ઉંચકવાનો અથવા જેને આધાર આપવાનો હોયછે તે. ખરેખરૂં જોતાં ઉચ્ચાલ્ય અને ઉચ્ચાલક એ બેઉ બળો છે, અને માત્ર તેઓને એક બિજાથી ઓળખવાસારૂ જુદાં જુદાં નામ આપેલાં છે.

જારે ઉચ્ચાલન તાજવાનો દાંડીની પેઠે આંસની આસપાસ ફરેછે, તારે આંસ અથવા ચલનમધ્યથી તેના જુદા જુદા ભાગ જેવા આઘા પાછા રેહેછે, તેવા તેઓના વેગ વધતા ઓછા હોયછે; એ વાતની સાચાઈ નીચેના દાખલા ઉપરથી એકદમ નજરમાં આવશે.

મનમાં આણ કે ૫૬ મી આકૃતિ પ્રમાણે (अ ब) એક સીધુ ઉચ્ચાલન છે, તથા તે (क) ટેકાની આસપાસ ફરેછે; તો (अ क) અને (क ब) એ બે ભાગથી (क) બિંદૂની આસપાસ બે કૌસ થશે, તથા તેઓ (अ क) અને (ब क) એ બેના પ્રમાણમાં થશે. તે ભાગના વેગ પણ ગમન થયલા સ્થળની એટલે કૌસની સાથે પ્રમાણમાં થશે; તેટલામાટે (क ब) ભાગ (अ क) ભાગ કરતાં જેટલો વધારે હશે, તેટલોજ (ब) છેડાનો વેગ (अ) છેડાના વેગ કરતાં વધારે થશે, અથવા જેમ જેમ છેડો લાંબો હશે તેમ તેમ તેનો વેગ વધતો થશે.

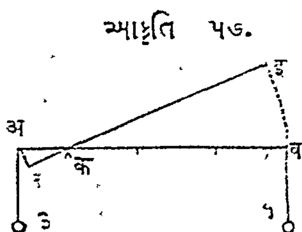
આકૃતિ ૫૬.



મનમાં આણ કે પાસેની ૫૭ મી આકૃતિમાં (अ ब)

ઉચ્ચાલનને (क) ટેકાથી આધાર મળેલો છે, તથા તેનો (कव) ભાગ ત્રણ ઇંચ અને (कअ) એક ઇંચ લંબાઇનો છે. વળી મનમાં આણ કે (अ) છે-

આકૃતિ ૫૭.

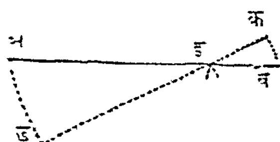


ડા આગળ ત્રણ નવટાંકનો અને (व) છેડા આગળ એક નવટાંકનો ભાર લટકાવ્યો છે. એવું બન્યાથી વજનો અને બંને અંતરો વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં થશે; એટલે એક નાકાનું વજન જેમ બિજાના અંતરને, તેમ બિજા નાકાનું વજન પેહેલાના અંતરને થશે. અને એ ઠેકાણે (अकव) ઉચ્ચાલન એકે તરફ નમશે નહીં, પણ સમાન સ્થિતિમાં રેહેશે, કેમકે જેટલા વખતમાં ટુંકો છેડો તે ભારે કરીને નીચેની તરફ નમ્યાથી (अड) કોસ કરેછે, તેટલા વખતમાં તેજ ભારના જોરથી (व) છેડો ઉંચો જઇને (वइ) કોસ કરશે; અને (अड) અને (वइ) કોસ (अक) અને (कव) ની સાથે પ્રમાણમાં છે, માટે તેઓ એક જેમ ત્રણને એ પ્રમાણમાં થશે; તેટલામાટે (व) આગળનો એક નવટાંકનો ભાર જેટલા વખતમાં (अड) માર્ગમાં ચલન પામશે, તેટલાજ વખતમાં (अ) આગળનો ત્રણ નવટાંકનો ભાર (अड) કરતાં ત્રણ ગણી લંબાઇના (वइ) માર્ગમાં ચલન પામશે; અને એ બંને વજનોનો સમાન વેગમાનથી વિરુદ્ધ દિશામાં વ્યાપાર થાયછે, તેથી તે બેઉનાં કાર્યનો નાશ થાયછે, અને તેણે

કરીને તે વજનો ઉપરની તરફ ચઢશે અથવા નીચેની તરફ નમશે નહીં, પણ માત્ર સમતોલ રેહેશે.

મનમાં આણ કે (अ व) ઉચ્ચાલનને તેના ટેકાઉપર ફેરવ્યું, એવી રીતે કે તે (क ड) સ્થિતીમાં રેહે; (૫૮ મી આકૃતિ જો.) હવે (ड) છેડો ચલન મધ્યને નાકે છે, તથા (व क) કૌસમાં ગમન કરવાને (व) ને જેટલો વખત લાગ્યો, તેટલાજ વખતમાં તે (अ ड) કૌસમાં ગમન પામ્યો, એ ઉપરથી એ સ્પષ્ટ જણાયછે કે (अ) નો વેગ (व) ના વેગ કરતાં વધતો હશે. પણ પ્રકૃત્યંશ ગુણ્યા વેગે બરોબર વેગમાન છે, તેથી મોટા વેગથી થોડા પ્રકૃત્યંશ ગુણ્યા અને થોડા વેગથી વધારે પ્રકૃત્યંશ ગુણ્યા તો તે બંનેનું ફળ સમાન થાયછે; તેટલામાટે (अ) નો વેગ વિશેષ છે તેથી સમતોલન ઉત્પન્ન કરવાસારૂ (व) કરતાં તેના ઓછા પ્રકૃત્યંશ જોઇશે. પણ વર્તુલના પરીધ એક બિજાને

આકૃતિ ૫૮.



છે જેમ તેઓની ત્રિજયા, તેથી પરીધના સરૂપ ભાગ પણ એક બિજાને થશે જેમ તેઓની ત્રિજ્યા. હવે (अ ड) અને (क व) એ બંને કૌસો સરૂપ છે તેટલામાટે (ड इ) ત્રિજ્યા (इ क) ત્રિજ્યા સાથે જેટલું પ્રમાણ રાખેછે, તેટલુંજ પ્રમાણ (अ ड) કૌસ (क व) કૌસ સાથે રાખશે; વળી (अ ड) અને (क व) કૌસથી ઉચ્ચાલનના છેડાઓના વેગ માલમ પડેછે, કારણ કે સમાન વખતમાં તે બંને છેડાઓ તેટલા સ્થળમાં ગમન પામેછે,

તેટલામાટે (ड इ) અને (इ क) એ બેઉ ભાગ પણ તેઓના વેગને બતાવશે. માટે એ સ્પષ્ટ છે કે જો (थ इ) ભાગની લંબાઈ અને (अ) ઉચ્ચાલક એનો ગુણાકાર, (इ व) ભાગની લંબાઈ અને (व) ઉચ્ચાલ્ય એના ગુણાકારની બરોબર થાય, તો તે ઉચ્ચાલન સમતોલમાં રેહેશે; અને એટલામાટેજ સમતોલન ઉત્પન્ન થવાને જેમ જેમ (इ व) ભાગ ટુંકો હશે તેમ તેમ (व) વજન વધારે જોઈશું—એટલે ઉચ્ચાલ્ય અને ઉચ્ચાલક જે પ્રમાણે ટેકાથી વધતાં ઓછાં અંતરે હશે તેના વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં તે બેઉનાં વજન થવાં જોઈએ. મનમાં આણ કે ટેકાથી તે ઉચ્ચાલક લગીનું (अ इ) અંતર ૧૦ ઇંચનું છે, અને ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્ય લગીનું (व इ) અંતર ૫ ઇંચનું છે, તથા એવું ધાર કે (व) આગળ ૪ નવટાંકનું વજન ઉંચકવાનું છે; તારે તે ઉંચકવાને (अ) આગળ બે નવટાંકની શક્તિ મુકવી પડશે, કેમકે ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્ય સુધીનું અંતર પાંચ ઇંચ છે તેને જો ચારે ગુણશું તો તે ગુણાકાર ૫×૪=૨૦ થાયછે, તેથી ટેકાથી તે ઉચ્ચાલક સુધીનું અંતર જે ૧૦ ઇંચ છે, તેને બરોબર ગુણાકાર આણવાસારૂ બેએ ગુણવું જોઈએ, પછી એ રીતે બરોબર વેગમાન થયાથી સમતોલન ઉત્પન્ન થશે.

ઉચ્ચાલન ત્રણ પ્રકારનાં છે, અને એ ભેદ, ઉચ્ચાલક, ઉચ્ચાલ્ય અને ટેકો એઓનાં સ્થાનની જુદી જુદી રચના થયાથી થાયછે.

પેહેલી જાતના ઉચ્ચાલનમાં, ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યની વચમાં ટેકો આવેછે.

બિજી જાતના ઉચ્ચાલનમાં, ટેકો અને ઉચ્ચાલક એ બેઉની વચ્ચે ઉચ્ચાલ્ય આવેછે.

ત્રિજી જાતના ઉચ્ચાલનમાં, ટેકો અને ઉચ્ચાલ્ય એ બંનેની વચમાં ઉચ્ચાલક આવેછે.

ઉચ્ચાલનનો મુખ્ય નિયમ નીચે પ્રમાણે છે, તે એ કે ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય એઓ ટેકા સાથેના વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં છે; એટલે જે ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્ય સાથે સમતોલમાં આણવાનું હશે, તે ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્ય કરતાં જેટલું ઓછું હશે તેટલું તેનું ટેકાથી અંતર વધારે રાખવું પડશે. જારે ઉચ્ચાલકનું અને ઉચ્ચાલ્યનું વેગમાન બરોબર હોયછે તારે તેઓ સમતોલમાં રેહેછે.

પેહેલી જાતનું ઉચ્ચાલન.

પેહેલી જાતના ઉચ્ચાલનમાં ઉચ્ચાલક અને અને ઉચ્ચાલ્યની વચ્ચે ટેકો હોયછે, અને મુખ્યત્વે કરીને ભારે બોજાઓ ઉંચકવાના અથવા મોટા પથરાઓને ગબડાવવાના કામમાં તે આવેછે; જારે તેનો એવી રીતે ઉપયોગ થાયછે તારે તેને મજુર વગેરે બિજા લોકો સાંગ કેહેછે.

આકૃતિ ૫૯.

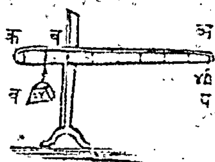


૫૯ મી આકૃતિમાં પેહેલી જાતનું ઉચ્ચાલન દેખાડેલું છે, તેના (अ) છેડા આગળ ઉચ્ચાલક છે, (फ) સ્થળે ટેકો અને (क) આગળ

હેચકવાનો બોજ એટલે ઉચ્ચાલ્ય છે. (૯૪) મા પાનામાં કહેલી રીતી પ્રમાણે જેમ જેમ ઉચ્ચાલક તરફનો ભાગ લાંબો હોયછે (જે ભાગ આ આકૃતિમાં (फ) થી તે (अ) સુધો દેખાડેલો છે) તેમ તેમ ઉચ્ચાલ્યને ખસેડવાને શક્તિ ઓછી જોઇએ છેએ. એજ આકૃતિમાં જો (अफ) ભાગ (फक) ભાગ કરતાં બમણો લાંબો છે એવું ધાર્યું તો ઉચ્ચાલન થકી બમણી શક્તિ ઉત્પન્ન થશે, અને તેટલામાટે (व) વજન ગમે તેટલું ભારે હશે તોપણ ઉચ્ચાલનની મદદ વગર તેને ખસેડતાં જેટલું બળ લાગત તેના કરતાં આ ઠેકાણે અર્ધું લાગશે. (फक) ની લંબાઈ કરતાં (अफ) ની લંબાઈ ૧૦ ગણી વધારે થાય એટલો (फ) ટેકાને (व) ઉચ્ચાલ્ય તરફ ખસેડ્યો, તો તે ઠેકાણે દશગણી શક્તિ ઉત્પન્ન થશે; અને એ પ્રમાણે આગળ પણ. પરંતુ એ ઠેકાણે (क) છેડો જેટલો ઉંચો થશે તે કરતાં (अ) દશગણો નીચો ઉતરશે, અને તેથી (व) ઉચ્ચાલ્યને વિશે ઘણુંજ થોડું ગમન ઉત્પન્ન થશે.

૯૦ મી આકૃતિમાં એજ જાતનું ઉચ્ચાલન બિજી રીતે દેખાડેલું છે, અને એની અંદર (व) ટેકો છે, (अ) થી તે (व) સુધી ઉચ્ચાલનનો લાંબો ભાગ છે, અને (व)થી તે (क) સુધીનો ટુંકો ભાગ છે. (अ) આગળ (प) ઉચ્ચાલક છે તે લાંબા ભાગને નીચેની તરફ દાબેછે; અને (व) ઉચ્ચાલ્ય ટુંકા ભાગના (व) છેડા આગળ લટકાવેલું છે.

આકૃતિ ૯૦.



હલકા (प) ઉચ્ચાલકને ભારે (व) ઉચ્ચાલ્યસાથે સમતોલ રાખવાસારૂ આ જાતનું ઉચ્ચાલન છે. એવે સઘળે ઠેકાણે જો ઉચ્ચાલકનું વેગમાન ઉચ્ચાલ્યના વેગમાનની બરોબર હશે તો તે તેને સમતોલ રાખશે. ટેકાથી તે ઉચ્ચાલક સુધીનાં અંતરને ઉચ્ચાલકના ભારેવતી ગુણ્યાથી ઉચ્ચાલકનું વેગમાન નિકળેછે; તથા ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્ય સુધીના અંતરને ઉચ્ચાલ્યના ભારે ગુણ્યાથી ઉચ્ચાલ્યનું વેગમાન નિકળેછે. (प) ઉચ્ચાલક જેટલા નવટાંક વજનનું હશે તે અંકને (अ व) ભાગ માંહેના ઇંચ્યના અંકે ગુણીયે અને જો તે ગુણાકાર, (व) ઉચ્ચાલ્યના વજનના અંકને (व क) ભાગના ઇંચ્યના અંકે ગુણીયે, તે ગુણાકારની બરોબર થાય, તો તે થકી સમતોલન ઉત્પન્ન થશે. મનમાં આણ કે (प) ઉચ્ચાલક ચાર નવટાંકનું છે, હવે જો તેને (अ) થી તે (व) લગીનું અંતર જે છ ઇંચ્યનું છે તેણે ગુણ્યું તો તે ગુણાકાર ૨૪ થાયછે; અને જો (प) ઉચ્ચાલ્ય ૨૪ નવટાંકનું ધાર્યું ને તેને (क) થી તે (व) સુધીનું એક ઇંચ્યનું અંતર છે તેણે ગુણ્યું તો તે ગુણાકાર પણ ૨૪ થાયછે; એટલા માટેજ તે ઉચ્ચાલન સમતોલમાં રેહેછે. એજ રીતે, જો ઉચ્ચાલનનો ટુંકો ભાગ બે ઇંચ્યનો હોય, અને તેના છેડા આગળ ૨૪ શેરનો બોજો ટાંગ્યો હોય, તો તેને સમતોલ રાખવાને ઉચ્ચાલનના લાંબા છેડા ઉપર કેટલા વજનનું ઉચ્ચાલક ટાંગવું પડશે એ જાણવાને તે વજન બતાવનારી (૨૪) સંખ્યાને તેનું અંતર જે બે છે તેણે ગુણ્યું, એટલે તેથી તેનું વેગમાન ૨૪×૨=૪૮ થશે.

પછી તે ગુણાકારને લાંબો ભાગ જે (૬) ઇંચનો છે તેણે વતી ભાગવો એટલે તેથી જે (૮) ફળ ઉત્પન્ન થશે તે લાંબા ભાગના છેડાઉપર ટાંગવાનું વજન, કેમકે તે થકી ઉચ્ચાલકનું વેગમાન પણ ૮×૬=૪૮ થશે. નીચે કહેલી રીતિ, ઉપર કહેલા મૂળ તત્વ ઉપરથી નિકળેછે:—"ઉચ્ચાલ્યને ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્યસુધીના અંતરે વતી ગુણીયે, અને ઉચ્ચાલકને પણ તેજ બિંદુથી તે ઉચ્ચાલકસુધીના અંતરે ગુણીયે, અને જો તે બંને ગુણાકાર બરોબર થાય, તો તે એક બિજાને સમતોલ રાખશે." એઉપરથી એવું નિકળેછે કે જારે હલકા ઉચ્ચાલકે કરીને ઘણાં ભારે ઉચ્ચાલ્યને ઉંચકવું હોય તારે, કયા તો ટેકાથી તે ઉચ્ચાલકસુધીનું અંતર વધારે રાખવું અથવા એમ નહીં તો ઉચ્ચાલ્યને ટેકાની ઘણીજ નજદીક લાવવું. યંત્રશાસ્ત્રમાં જે મૂળ તત્વે કરીને એવો ચમત્કાર બનેછે તેને વર્ચુંઅલ વિલોસિટીનો એટલે ગુણદ્વેગનો નિયમ કેહેછે. તે નિયમ એ છે કે "એક નાહાનું વજન અમુક કહેલા વખતમાં લાંબા માર્ગમાં નીચે ઉતરેછે તેનું કાર્ય, બિજું મોટું વજન પ્રમાણમાં ટુંકા માર્ગમાં તેટલીજ વખતમાં ઉતરેછે તેનાં કાર્યની બરોબર થાયછે." અથવા બિજી રીતે કહીયે તો વેગમાં અથવા કાળમાં જેટલો નફો થાયછે તેટલી શક્તિમાં હાની પોંહોંચેછે.

યાંત્રિક શક્તિનું વધવું ઘટવું ઉચ્ચાલકની સાથે ઉચ્ચાલ્યનું જે પ્રમાણ હોયછે તેને હાથ છે, અને એ પ્રમાણ જેમ વધતું ઓછું થાયછે તેમ યાંત્રિક શક્તિ વધતી ઓ-

છી થાયછે એમ કેહેવાયછે. એનો દાખલો, જો કોઈ ઉચ્ચાલનમાં ૧ શેર વજનનું ઉચ્ચાલક ૧૫ શેર વજનનાં ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપે તો યાંત્રિક શક્તિ ૧૫ થાયછે. જો ૨ શેરનું ઉચ્ચાલક ૨૪ શેરના ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપે તો યાંત્રિક શકિત ૧૨ થાયછે, કેમકે ૨૪ ભાગ્યા ૨ એ બરોબર ૧૨ છે.

હરકોઈ ઉચ્ચાલનની યાંત્રિક શક્તિ ઉચ્ચાલ્ય અને ઉચ્ચાલકની સ્થિતિ ટેકાથી આઘી પાછી કીધાથી મરજીમાં આવે તે પ્રમાણે ભિન્ન ભિન્ન કરી શકાયછે. માટે હરકોઈ યંત્રમાં ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યનું પ્રમાણ ગમે તેટલું હશે તો પણ તે પ્રમાણ ઉચ્ચાલને કરીને બતાવ્યામાં આવશે. એવા ઉચ્ચાલનને તે યંત્રના સંબંધમાં સમાન શક્તિનું ઉચ્ચાલન કેહેછે.

ઉચ્ચાલકને ટેકાથી તે ઉચ્ચાલકસુધીનાં અંતરે ગુણીયે તે ગુણાકાર, જો ઉચ્ચાલ્યને ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્યસુધીના અંતરે ગુણિયે તેની બરોબર થાય, તો સીધું ઉચ્ચાલન સમતોલ રેહેશે; એ ઉપરથી નિકળેછે કે જેમ જેમ ટેકાથી તે ઉચ્ચાલકસુધીનું અંતર વધારતા જઈશેં તેમ તેમ ઉચ્ચાલક ઓછું જોઈશું. તેમજ જાંહાંસુધી ઉચ્ચાલ્યને તેની તરફના અંતરે ગુણિયે તે ગુણાકારની બરોબર થાય તાંહાંસુધી ઉચ્ચાલ્ય તરફનું અંતર ઓછું કરતા જઈએ તોપણ સમતોલન ઉત્પન્ન થશે. ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યનું પ્રમાણ ગણતી વખતે, તે ઉચ્ચાલનના લાંબા ટુંકા ભાગની જુદી જુદી લંબાઈ તરફ સારીપેઠે ધ્યાન રાખવું જોઈએ. વજન અને અંતરને માટે ગમે તે જાતના

એકમ લીધા તો ચાલશે, માત્ર એટલુંજ થવું જોઇયે કે બેઉ તરફ એકજ જાતના એકમ કામમાં આવે. જો ટુંકા છેડાનો એકમ ઇંચ હોય તો લાંબા છેડાનો એકમ પણ ઇંચિજ લેવો. અને એજ રીતે જો એક છેડાના વજનનો એકમ નવટાંકી હોય તો બિજા છેડાનાં વજનનો એકમ પણ નવટાંકીજ લેવી.

પેહેલી જાતના ઉચ્ચાલનનો નીચેનો એક જાણીતો દાખલો છે. જો એક ભારે અને એક હલકો એવા બે છોકરાઓ એક પાટિઆના બંને છેડાઉપર બેસે તો તે પાટિઆને સમતોલ રાખવા સારૂ હલકા કરતાં ભારેને ટેકાની પાસે બેસવું પડશે. મનમાં આણ કે પાટિઉ (૮) ફુટ લાંબું છે, તથા (ત્ર) અને (क) બેઉ વજનો છોકરાઓને ઠેકાણે છે; તેમાં નાહાનું ૫૦ શેરનું છે અને તે ટેકાથી ચાર ફુટ આઘું છે તેટલામાટે તેનું વેગમાન ૫૦×૪=૨૦૦ થશે; અને મોટું વજન ૧૦૦ શેરનું છે માટે હલકાંને સમતોલ રાખવા સારૂ તે ટેકાથી માત્ર (૨) ફુટ દૂર રાખવું પડશે, કેમકે તારે તેનું પણ વેગમાન ૨×૧૦૦=૨૦૦ થશેઃ એઉપરથી એવું નિકળેછે કે ઉચ્ચાલનના જે ભાગને છેડે ઉચ્ચાલ્ય લટકાવ્યુ હશે, તે બિજા છેડા કરતાં બમણો, ત્રમણો અથવા ચારગણો વધારે હશે તો સમતોલન થવા સારૂ લાંબા ભાગના છેડાઆગળ ઉચ્ચાલકનું વજન પણ તેજ પ્રમાણે ઉચ્ચાલ્યના કરતાં બમણું, ત્રમણું અથવા ચારગણું હલકું જોઇશે.

આકૃતિ ૬૧.



ઘણાં એક હથીઆરો જે સાધારણ ઉપયોગમાં આવેછે, તેઓ આ જાતનાં ઉચ્ચાલનના મૂળ તત્વ ઉપરથી બને-લાં છે. લડાઈની વખતે ગોલંદાજ લોકો તોપને નીચી ઉંચી કરવા સારૂ, એક લાંબું ઉચ્ચાલન જે લોહાડાના મજબુત ખીલઉપર નીચેઉપર થાયછે, તેનો ઉપયોગ કરેછે.

સલાટ સુથાર વગેરે કારીગર લોકો ભારે વજન થોડું એક ઉંચકવું હોયછે તારે પ્રાયઃ સાંગ કામમાં લેછે. લોહોડાની નરાજથી ચોર લોકો બારણાને ભાંગીને ઉઘાડેછે તથા તાળાને અને બીજાગરાને મચરડી નાખેછે. લુહાર-ની ધમણનો વાંસ એ પણ પેહેલી જાતના ઉચ્ચાલનનો એક દાખલો છે; તેમાં જે લાકડાઉપર તે વાંસ રેહેછે તે ટેકો, હાથનું બળ એ ઉચ્ચાલક, અને ધમણ એ ઉચ્ચાલ્ય. એવે સઘળે ઠેકાણે ટેકાથી તે ઉચ્ચાલકસુધીનું અથવા જાંહાં શક્તિની યોજના કરીયેછેએ તાંહાંસુધીનું અંતર, ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્ય જે છેડે છે તે છેડાસુધીનાં અંતર કરતાં જેટલાગણું મોટું હશે તેટલાગણી શક્તિ-નો લાભ થશે. એ સ્પષ્ટ છે કે ઉચ્ચાલનના બેઉ ભાગ બરોબર હશે ઇયાને ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય એ બેઉની વચ્ચોવચ્ચ ટેકો હશે, તો કાંઈ નફો થશે નહીં, કેમકે તે-ઓ સમાન વખતમાં સરખા નીચેઉપર જાયછેઃ અને

એ પાછળ દેખાડેલું છે કે જો નફો મેળવવો હોય અથવા ઉચ્ચાલક ઓછું કરવું હોય તો કાળ વધારે ગુમાવવો જોઈએ; પણ ઉપર કહ્યા પ્રમાણે બનવાથી કાળની કાંઈ હાની થતી નથી તેથી કરીને શક્તિનો લાભ પણ થશે નહીં. કાતરના બંને પાંખીયાં પણ એક સાધારણ ટેકામાં એકઠાં થયલાં એજ જાતનાં બે ઉચ્ચાલન છે. જે સ્થળે તે બે ઉચ્ચાલનને જડ મારેલી છે તે બિંદૂ તેઓનો ટેકો, આંગળિઓ ઉચ્ચાલકને ઠેકાણે છે, અને જે પદાર્થ કાતરવાનો છે તે ઉચ્ચાલ્ય જાણવો; તેટલામાટે જેણી પાસથી પાંખીયાંને પકડીયે છિએ તે છેડા જેમ લાંબા, અને જે તરફથી કાપિયે છિએ તે છેડા જેમ ટુંકા હશે તેમ ઘણું સેહેલથી કતરાશે. ગુલ કાતરવાની કાતર પણ એજ જાતનું ઉચ્ચાલન છે; સાણસી, કાતર વગેરે બિજાં એવી જાતનાં હથીઆરો પણ એજ જાતનાં ઉચ્ચાલનો છે, અને જે છેડો દાબાયે છિએ તે છેડો બિજા છેડાકરતાં જેમ લાંબો હોયછે તેમ શક્તિનો લાભ થાયછે.

તાજવું એ પણ ઉચ્ચાલન છે, જે બિંદૂને આધારે દાંડી રેહેછે તે તેનો ટેકો, અને બંને પલ્લાંમાંહેના વજનોમાંથી એક ઉચ્ચાલક અને એક ઉચ્ચાલ્ય. ઉચ્ચાલનની યોજનાનો આ એક ઘણો ઉપયોગી અને મનોરંજક દાખલો છે. જારે બંને પલ્લાંમાં બરોબર વજનો મુકેલાં હોયછે તારે દાંડી ક્ષિતિજસમસૂત્ર સ્થિતીમાં એટલે પાધરી રેહેછે, કેમકે બંને વજનો બરોબર છે માટે ટેકાથી તે બંને વજનો સુધીનાં અંતરોને પોત-

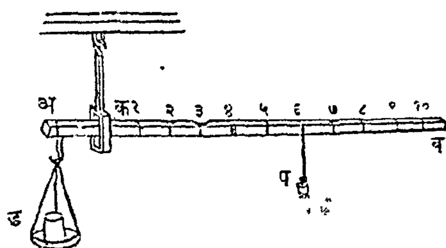
પોતાનાં વજને ગુણ્યાં, તો ગુણાકાર બરોબર થશે, અને એટલામાટે બંને વજનો પલ્લાંને ટેકાની આસપાસ એક બિજાના વિરૂદ્ધ માર્ગમાં બરોબર નમાવશે, અને તેથી બંનેનો વ્યાપાર બંધ પડશે; અને એજ કારણ માટે બંને પલ્લાં ખાલી હતાં, તારે જે સ્થિતીમાં હતાં, તેજ સ્થિતીમાં એ બહું યંત્ર રેહેશે. એ પણ સ્પષ્ટ છે કે જારે બંને પલ્લાંમાં બરોબર વજન હશે તારેજ દાંડી ક્ષિતીજસમસૂત્ર સ્થિતીમાં રેહેશે; કેમકે જો એક વજન બિજા કરતાં ભારે હોશે તો, દાંડી હમેશાં જેણી તરફ ભારે વજન હશે તેણી તરફજ નમશે.

દગલબાજી કરવાસારૂ ઘણી એક વાર લોકો જુઠાં તાજવાં બનાવેછે; એ હિકમત એવી રીતે કરેછે કે જેણીમેર તોળવાનું વજન લટકાવેછે તેણીમેરની દાંડી, જેમાં કાટલાં મુકેછે તેણીમેરની દાંડી કરતાં લાંબી રાખેછે, અને એપ્રમાણે થવાથી કાટલાં તરફની દાંડી તોળવાનાં વજન તરફની દાંડી કરતાં જેટલી ઓછી હશે તેટલાગણું વજન વધારે કરી અપાયછે. તોળવાનો પદાર્થ અને કાટલાં એ બંનેને અદલબદલ પલ્લાંમાં મુક્યાથી દગલબાજી તરત પકડાશે. જો પદાર્થનું ખરૂં વજન જાણવું હશે તો તે નીચેની રીતિ પ્રમાણે માલમ પડશેઃ "બેઉ પલ્લાંમાં તે પદાર્થને વારાફરતી તોળ, અને તે બંને ખોટાં વજનોને, અરસ્પરસ ગુણ, પછી તે ગુણાકારનું વર્ગમૂળ તે પદાર્થનું ખરૂં વજન થશે." એવું ધાર કે એક પદાર્થનું વજન એક પલ્લામાં ૧૨ શેર અને બિજામાં ૮¼ શેર થાયછે; હવે ૧૨ ને ૮¼ વતી

ગુણ્યા તો ગુણાકાર ૧૦૦ થશે, અને એનું વર્ગમૂળ ૧૦ છે કેમકે ૧૦×૧૦=૧૦૦ થાયછે: તેટલામાટે તે પદાર્થનું ખરૂં વજન ૧૦ શેર છે એમ જાણવું.

કંપાણ અથવા તોળાટ લોકો વાપરેછે તે કાંટો પણ એજ જાતનાં ઉચ્ચાલનનો બિજો દાખલો છે. એ કાંટો એક ઉચ્ચાલનથી બનેછે, અને તેનો એક છેડો લાંબો અને એક છેક ટુંકો હોયછે; તેના સમભાગ કીધેલા છે અને તે ભાગ (क) ટેકાની ઉંચેનીચે હાલેછે એવો હોયછે, (अ) ટુંકો ભાગ અને (ब) લાંબો ભાગ છે, (ड) પલ્લું અથવા ઝોળી જે પદાર્થ તોળવાનો હોય તેને મુકવાને સારૂ છે, અને (प) એક નાહાનું વજન તે સ્કેલરૂપ દાંડી ઉપર આગળ પાછળ ખસેડાય એવી રીતે મુકેલું છે. ૬૨ મી આકૃતિ જો. પલ્લામાંહેનાં વજનને

આકૃતિ ૬૨.



સમતોલ રાખવા સારૂ તે વજનને જે બિંદુસુધી ખસેડવું પડેછે તે બિંદુઆગળનો તે દાંડી ઉપરનો આંકડો તે પદાર્થનું વજન દેખાડેછે: ઉદાહરણ, જો (प) નું વજન એક શેર હશે, અને તેને તે દાંડીઉપર (૮) મા

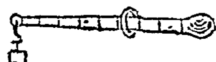
ભાગ ઉપર લટકાવેલું હશે, તો એ સ્પષ્ટ છે કે (પ) વજન પોતાના કરતાં આઠગણા ઈયાને આઠ શેરના વજનને (ઙ) આગળ સમતોલ રાખશે.

ચીના લોકો નાહાની વસ્તુઓ તોળવાસારૂ એક હલકો કાંટો કામમાં લેછે; તે કાંટાની દાંડી લાકડાંની હોયછે અને તેને આસરે છ ઈંચ લાંબી રાખેછે; તે દાંડીમાં એક ઠેકાણે નીચેને છેડેથી ગાંઠ બાંધેલો રેશમનો દોરો પોરવેલો હોયછે, અને તે ગાંઠ તેના ટેકાને ઠેકાણે ચાલેછે; તેના લાંબા છેડા ઉપર ખસેડાય એવું એક વજન લટકાવેલું હોયછે તથા બિજા ટુંકા છેડા ઉપર એક નાહાનું પલ્લું બાંધેલું હોયછે.

સુતર તોળવાના કામમાં આવેછે તે કાંટી ઉપર કહેલાં કાંટાકરતાં એટલીજ જુદી પડેછે કે, તેની અંદર ઉરચાલ્વ સ્થિર હોયછે અને ટેકો ફરેછે. તે ઘણી સેહેલથી બનેછે, કેમકે તેને તૈયાર કરવાને માત્ર એક લોહોડાનો સીધો ગજીયો બસ છે; તે ગજીયાનો એક છેડો ભારે કીધેલો હોયછે, તથા તેને બિજે છેડે આંકડો જડેલો હોયછે, ટેકાને ઠેકાણે એક છેડાથી તે બિજા છેડાસુધી ખસે એવી કડી હોયછે; અને તોળતી વખતે કડીનેજ આધારે બધું યંત્ર લટકેછે. જે પદાર્થ તોળવાનો હોયછે તેને આંકડામાં ભેરવેછે, અને જે સ્થળે ટેકો રહ્યાથી સમતોલન ઉત્પન્ન થશે તાંહાં તેને ખસેડી લઈ જાયછે. પછી દાંડીઉપર જે આંક હોયછે તેણે કરીને પદાર્થનું વજન સમજાયછે. તે આંક પ્રથમ પાડવા હોય તારે, ૧, ૨, ૩, ઈત્યાદિ શેરનાં વજનો વારાફરતી આંકડે

ટાંગવા, પછી તેમને સમતોલ રાખવાસારૂ જે જે સ્થળે ટેકો ખસેડવો પડે, તે તે સ્થળ આંક કરવાની જગો જાણવી.

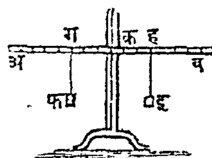
આકૃતિ ૬૩.



એક સીધી લાકડાની પટી, જેના ઉપર બરોબર અંતરે નિશાની કીધેલી હોયછે, તથા જેને મધ્યભાગે ખીલી ખોશીને આધાર આપેલો હોયછે, તે થકી ઉચ્ચાલનવિશે પ્રયોગ કરવાને ઘણું સુતર પડેછે. નીચે કહેલા થોડાએક પ્રયોગ એ સાંચાએ કરીને કરી દેખાડાશે, અને એથી શિખનારાઓને એ સ્પષ્ટ જણાશે કે ઉચ્ચાલ્ય અને ઉચ્ચાલકનાં અંતરમાં વધ ઘટ કીધાથી મરજી માફક પ્રયોગ બની શકશે.

બે બરોબર વજનોને એક સીધાં ઉચ્ચાલન ઉપર લંબ માર્ગમાં લટકાવ્યાથી જે કાર્ય ઉત્પન્ન થશે તે, તે બેઉ વજનોને તે બળોનાં અંતરના મધ્યભાગે લટકાવ્યાથી જે કાર્ય થાત તેની બરોબર થશે. મનમાં આણ કે (अव) એક સીધું ઉચ્ચાલન છે, (આકૃતિ ૬૪.) અને તેના (क) ટેકાથી (वक) અને (अक) એ બે ભાગો બરોબર અંતરે છે; તેટલામાટે તે ઉચ્ચાલન (क) ટેકા ઉપર સમતોલ રેહેશે. ધાર કે તે

આકૃતિ ૬૪.

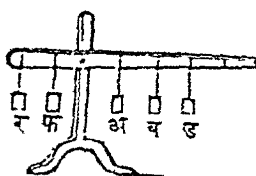


ઉચ્ચાલન ઉપરના ભાગ એક એક ઇંચના છે; હવે છ ઔંસનું એક (इ) વજન (क) ટેકાથી ત્રણ ઇંચ દૂર લટકાવ, અને બિજું તેટલાજ ઔંસનું (फ) વજન તે ઉ-

ઉચ્ચાલનની બિજી તરફ (क) આગળથી તેટલુંજ આઘું લટકાવ; તારે એ સાફજ છે કે ઉચ્ચાલન હજી પણ સમતોલજ રેહેશે: પણ જો છ છ ઔંસ વજનના (इ) અને (फ) વજનને લટકાવ્યાને બદલે ત્રણ ત્રણ ઔંસનાં બે વજન પ્રત્યેક બાજુએ બરોબર અંતરે લટકાવ્યાં તો તેથી પણ તેંજ ફળ ઉત્પન્ન થશે; અને તે વજનો (ग) અને (ह) થકી ગમે તેટલાં નીચે ટાંગ્યાં તોપણ તેમનાં કાર્યમાં કાંઈ અંતર પડશે નહીં, માત્ર એટલુંજ થવું જોઇએ કે તે બેઉ સમાન અંતરે રેહે.

એજ રીતે, જો કેટલાએક વજનોના વ્યાપાર ટેકાની જુદી જુદી બાજુ તરફ થાય, અને જો ઉચ્ચાલનને એક બાજુ તરફ નમાવનારાં બધાં વજનોનાં વેગમાનનો સરવાળો, ઉચ્ચાલનને બિજી બાજુ તરફ નમાવનારાં બધાં વજનોનાં વેગમાનના સરવાળા બરોબર થાય, તો તારે પણ સમતોલન ઉત્પન્ન થશે.

આકૃતિ ૫૬.



૬૫ મી આકૃતિમાં ધાર કે ટેકાની એક બાજુતરફ ત્રણ વજનો ટાંગેલાં છે; એવાં કે બે ઔંસનું (अ) વજન એક ઇંચના અંતર ઉપર અને ત્રણ ઔંસનું (ब) વજન બે ઇંચના અંતર ઉપર અને ચાર ઔંસનું (ड) વજન ત્રણ ઇંચના અંતર ઉપર; તારે

(अ) નું વેગમાન, ૨×૧ અથવા, ૨ છે

(ब) નું વેગમાન, ૩×૨ અથવા, ૬ છે

અને (ड) નું વેગમાન, ૪×૩ અથવા, <u>૧૨</u> છે

તેઠલા માટે બધાં વેગમાનોનો સરવાળો ૨૦ થશે.

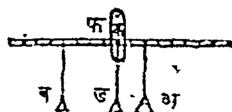
જો તે ઉચ્ચાલનની બિજી બાજુ ઉપર બિજાં બે વજન આપણે ટાંગીયે; તેમાં (ड) આઠ ઔંસનું ટેકાથી બે ઇંચના અંતર ઉપર, અને (फ) ચાર ઔંસનું એક ઇંચનાં અંતર ઉપર; તો

(ड) નું વેગમાન, ૮×૨ અથવા ૧૬ થશે
(फ) નું વેગમાન, ૪×૧ અથવા $\frac{૪}{૨૦}$ થશે

હવે એ બેઉ તરફના વેગમાનનો સવાળો બરોબર થાયછે માટે ઉચ્ચાલન સ્થિર રેહેશે.

મનમાં આણુ કે (क) ટેકાથી બે ઇંચના અંતર ઉપર ૭ ઔંસનું (अ) વજન લટકાવેલું છે, હવે જો ત્રણ ત્રણ ઔંસનાં (व) અને (ड) બે વજનોને બિજી બાજુ તરફ ટેકાથી બે ઇંચને અંતરે (फ) આગળ લટકાવ્યાં તો સમતોલન ઉત્પન્ન થશે: પણ જો તે બેઉ વજનોને (फ) આગળથી બે બે ઇંચ વિરુદ્ધ માર્ગમાં ખસેડ્યાં તો (ड) વજનનો વ્યાપાર બરોબર (क) બિંદુ ઉપર થશે, અને એ ઉઘાડું છે કે એના જોરથી ઉચ્ચાલન એકુતરફ નમશે નહીં; અને એકલું (व) વજન (अ) વજનને સમતોલ રાખશે, કેમકે (व) નું વજન ત્રણ ઔંસનું છે અને તે ટેકાથી ચાર ઇંચ દૂર છે માટે તેનું વેગમાન જે ૩×૪ =૧૨ થાયછે, તે (अ) ના વેગમાનની બરોબર થાયછે, કારણ કે (अ) નું વેગમાન પણ ૬×૨=૧૨ છે.

આકૃતિ ૬૬.

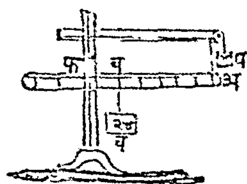


આગળનાં ઉદાહરણો ઉપરથી સાફ માલમ પડેછે કે પદાર્થ જેટલા ઔંસનો હોય તે ઔંસના આંકડાને ટેકાથી તે જેટલા ઇંચિના અંતર ઉપર હોય તે ઇંચિના આંકડાએ વતી ગુણિયે, ને જો પ્રત્યેક બાજુ તરફના ગુણાકાર બરોબર થાય તો તે ઉચ્ચાલન સમતોલ રેહેશે. એ ઉપરથી આપણને સીધા ઉચ્ચાલનનો નિયમ માલમ પડેછે કે "હર કોઈ બે વજન જે ઉચ્ચાલનને જુદા જુદા માર્ગમાં નમાવેછે તથા જેઓનો વ્યાપાર બંને ભાગ ઉપર લંબ માર્ગમાં થાયછે તેઓના જો પ્રત્યેક બાજુ ઉપરના વજનના અંકનો અને અંતરના ઇંચિના અંકનો ગુણાકાર બરોબર થાય તો તે બંને વજન એક બિજાને સમતોલ રાખશે."

બિજી જાતનું ઉચ્ચાલન.

બિજી જાતના ઉચ્ચાલનમાં ટેકો અને ઉચ્ચાલકની વચ્ચે ઉચ્ચાલ્ય હોયછે. પાસેની આકૃતિમાં (अ) થી તે

આકૃતિ ૬૭.



(व) સુધીની લિટી લાંબો ભાગ દેખાડેછે, અને (त्र) થી તે (फ) સુધી ટુંકો ભાગ દેખાડેછે; (व) ઉંચકવાનું વજન ઈયાને ઉચ્ચાલ્ય છે, અને (प) ઉચ્ચાલક છે. પેહેલી જાતના

ઉચ્ચાલન પ્રમાણેજ એ ઉચ્ચાલને કરીને પણ ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્ય સુધીના અંતર કરતાં ટેકાથી તે ઉચ્ચાલક સુધીનું અંતર જેમ વધારે હોયછે તેમ નફો થાયછે. ઉદાહરણ, જો (प) ઉચ્ચાલક ચાર ઔંસનું હોય અને તે ટેકાથી ૭ ઇંચિને અંતરે હોય, તો એ ઉચ્ચાલક; ૨૪ ઔંસ વજનના (व) ઉચ્ચાલ્યને ટેકાથી એક ઇંચિને અંતરે મુકયું તો તેને સમતોલ રાખશે, કેમકે બંનેના વેગમાન (૪×૬=૨૪ અને ૨૪×૧=૨૪) બરોબર થાયછે. જો (व) ઉચ્ચાલ્ય (फ) અને (अ) ની વચ્ચે હોશે, તો તેના અર્ધા ભારને ટેકાનો આધાર મળશે, અને બાકીના અર્ધાને (प) આગળનું ઉચ્ચાલક સમતોલ રાખશે; પણ આ ઠેકાણે તે ઉચ્ચાલક ૪ ને ઠેકાણે ૧૨ ઔંસનું જોઇશે; અને ઉચ્ચાલ્ય ગમે તેટલા વજનનું હશે પણ જો તે (फ) અને (अ)ના અંતરના મધ્યભાગે હશે તો તેને સમતોલ રાખવામાટે (प) આગળ તેના કરતાં અર્ધા વજનનું ઉચ્ચાલક જોઇશે. ચાર ઔંસ વજનના (प) ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર તેના માથા ઉપરની ધરેડી ઉપર બનેછે માટે તે ચક્રના આંસ ઉપર તે ઉચ્ચાલકનાં વજનથી બમણાં વજનનો એટલે (૮) ઔંસનો ભાર પડેછે; (એ વાતનો ખુલાસો કપ્પીનો વિચાર કરતી વેળાએ થશે) અને (फ) ટેકા ઉપર કેટલું દાબણ થાયછે એ જો જાણવું હોય તો ઉચ્ચાલ્યના ૨૪ ઔંસ વજનમાંથી ઉચ્ચાલકના ચાર ઔંસ બાદ કરવા જોઇએ, એટલે (૨૦) બાકી રેહેશે તે દાબણ; એ ઉપરથી નિકળેછે કે, ટેકા ઉપરનું અને ચક્રના આંસ

ઉપરનું મળીને બધું દાબણ (૨૮) ઑંસનું છે, અને એ (૨૮), ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યના દાબણના સર્વાળા બરોબર છે.

બે માણસ સાકઠીએ વતી કાંઈ બોજ ઉંચકી લઈ જાયછે, જેમ કે કાંઈ ભારી પીપ અથવા નાલકી એ બિજી જાતનાં ઉચ્ચાલનના વ્યવહારીક દાખલા છે. એ બંને ઉદાહરણનું મૂળતત્વ એકજ છે; કેમકે તે બેમાંથી એક ટેકાની જગોએ છે અને બિજો ઉચ્ચાલકની જગોએ છે. જો સાકઠીનાં મધ્ય આગળથી પીપ લટકાવ્યું હશે તો પ્રત્યેક માણસને તેનો બરોબર અર્ધો ભાર સેહેવો પડશે; પણ જો તે પીપ એક માણસ કરતાં બિજાની નજદીક હશે, તો જે માણસની તરફ ટુંકો છેડો હશે તે માણસને જેની તરફ લાંબો છેડો હશે તેના કરતાં વધારે ભાર સેહેવો પડશે. ધારો કે પીપ છ મણનું છે અને જાંહાંથી સાકઠીએ લટકાવેલું છે, તે બિંદુ એક માણસની ખાંધથી ત્રણ ફુટ દૂર છે; અને બિજાની ખાંધથી છ ફુટ દૂર છે; માટે પેહેલાને બિજા કરતાં બમણો ભાર ઝીલવો પડશે, કેમકે પેહેલાને ચાર મણનો બોજ ઉંચકી જવો પડશે, પણ બિજાને તો માત્ર બે મણનો ઉંચકવો પડેછે, કારણ કે ચાર અને ત્રણનો ગુણાકાર બે અને છ ના ગુણાકારની બરોબર છે.

ભારે માલની ગાંસડી ઉંચકતી વેળાએ જે ખુંટાનો અથવા સાકઠીના કડકાનો ઉપયોગ થાયછે તે પણ એ જાતનાં ઉચ્ચાલનનો દાખલો છે; તેની અંદર એક છેડો હાથે વતી ઉંચો કરવો પડેછે અને બિજો છેડો જમીન

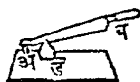
ઉપર રેહેછે. ૬૮ મી આકૃતિમાં ભોંએ એ ટેકો છે, હાથની શક્તિ ઉચ્ચાલક છે, અને તે ગાંસડી ઉચ્ચાલ્યને ઠેકાણે છે.

આકૃતિ ૬૮.



કેરી કાપવાનો લાકડામાં જડેલો છરો જેને સુડો કેહેછે તે પણ એજ જાતનાં ઉચ્ચાલનનો દાખલો છે. તેની (अ) જડ ટેકો, (व) હાથા આગળ જે શક્તિની યોજના કરિએ છૈયે તે ઉચ્ચાલક, અને (ह) કેરી અથવા મોળવાની વસ્તુ તે ઉચ્ચાલ્ય.

આકૃતિ ૬૯.



નરમાદા ઉપર ફરતું બારણું પણ એજ જાતનું ઉચ્ચાલન છે. તેમાં બારણું એ ઉચ્ચાલ્ય, નર એ ટેકો, અને જે માણસ બારણું ઉઘાડેછે અથવા દેછે તે ઉચ્ચાલક; પ્રથમ દેખાડેલું છે કે જેમ જેમ ટેકાથી ઉચ્ચાલક આઘું હોયછે તેમ તેમ ઉચ્ચાલ્ય ઘણુંજ સેહેલમાં ખસેડાયછે તે ઉપરથી એ સ્પષ્ટ છે કે, જો બારે બારણાને ઉઘાડવા સારૂ નરની પાસેના ભાગ ઉપર જોર કીધું તો ભારે મુશકેલી પડશે, પણ જો હંમેશ પ્રમાણે ઉઘાડીશું તો ઘણું સેહેલ પડશે. આંગળી બારણાં દેતી વખતે નરમાદાની પાસે આવેછે તારે ઘણી કેમ કચડાયછે તેનું કારણ એ જાતનાં ઉચ્ચાલનના વિચારથી

માલમ પડેછે; એ ઠેકાણે બારણાના વેગમાનનો વ્યાપાર યથાસ્થિત લાંબા ઉચ્ચાલને કરીને નરમાદાની પાસે જે પ્રતિબંધ હોયછે તેના ઉપર બનેછે.

હેલેસાં, વાહાણના સુકાન અને દાદરનું ઢાંકણું એ પણ એજ જાતનાં ઉચ્ચાલનના દાખલા છે. માણસ હેલેસાં મારેછે તે ઠેકાણે પાણી એ ટેકો, જે માણસ હેલેસાં મારેછે તે ઉચ્ચાલક, અને હોડી એ ઉચ્ચાલ્ય. સુડી એ પણ બિજી જાતના બેવડાં ઉચ્ચાલનનો એક દાખલો છે; તેની જડ તે ટેકો, સોપારી એ ઉચ્ચાલ્ય, અને હાથ જે બે પાંખીઆંઓને દાબેછે તે ઉચ્ચાલક.

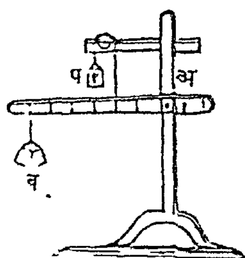
ચારઠના બે ઘોડાઓ નરમ ગરમ હોય, અને તેઓ પાસેથી તેઓની શક્તિ પ્રમાણે ભાર ખેંચાવવો હોય, તો જે આડું લાકડું ગાડીસાથે બાંધેલું હોયછે તેને એવી રીતે રાખેછે કે જબરા પાસેથી નબળા કરતાં જેટલાગણું વધારે ખેંચાવવાનું હોયછે તેટલાગણો નબળા કરતાં જબરા તરફનો છેડો ટુંકો રેહેછે.

એક પઈડાંવાળી ગાડીનું મૂળતત્વ પણ એજ જાતના ઉચ્ચાલન ઉપરથી સમજાશે. જે ઠેકાણેથી જમીનને પઈડું દાબેછે તે ટેકો, ગાડીમાંહેનો ભાર તે ઉચ્ચાલ્ય અને જે માણસ તેના બે ધોરીઆને ઉંચા કરીને ખેંચી લઈ જાયછે તે ઉચ્ચાલક; ગાડીમાં ભાર જેમ જેમ પઈડાંની પાસે મુકીશું તેમ તેમ તેને ઉંચકવાને સેહેલ પડશે, કેમકે તેવું કીધાથી ઉચ્ચાલક ટેકાથી ઉચ્ચાલ્ય કરતાં વધારે દૂર રેહેછે.

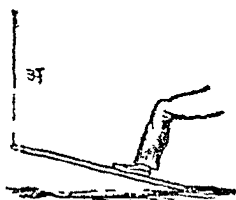
ત્રિજી જાતનું ઉચ્ચાલન.

ત્રિજી જાતના ઉચ્ચાલનમાં ઉચ્ચાલક, ટેકો અને ઉચ્ચાલ્ય એ બેની વચ્ચે હોયછે. પાસેની ૭૦ મી આકૃતિમાં (અ) ટેકો છે, (પ) ઉચ્ચાલક છે, અને (વ) ઉચ્ચાલ્ય છેઃ એની અંદર ઉચ્ચાલ્ય, ઉચ્ચાલક કરતાં ટેકાથી વધારે દૂર છે તેથી તેને ઉચ્ચાલક કરતાં લાંબા પલ્લામાં ગમન કરવું પડશે; એટલામાટેજ ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્યસુધીનું અંતર ટેકાથી તે ઉચ્ચાલક સુધીનાં અંતર કરતાં જેટલું વધારે હોશે, તેટલુંજ ઉચ્ચાલ્ય કરતાં ઉચ્ચાલક વધારે જોઇશે,—એટલે, જો ચાર ઔંસ વજનના ઉચ્ચાલ્યને ટેકાથી છ ઇંચ અંતર ઉપર સમતોલ રાખવું હશે, તો ટેકાથી બે ઇંચ અંતર ઉપર ૧૨ ઔંસ વજનનું ઉચ્ચાલક મુકવું પડશે. અને એ જાતનાં ઉચ્ચાલનથી ઉચ્ચાલ્યને ખસેડવાને શક્તિની હાની થાયછે તેથી કરીને, જાંહાં માત્ર વેગનોજે ખપ હોયછે અને બળની દરકાર હોતી નથી તેવા પ્રસંગશિવાય એ જાતનાં ઉચ્ચાલનનો ક્વચિતજ ઉપયોગ થાયછે. ચરખ ફેરવવાનું પાટિયું એ જાતનાં ઉચ્ચાલનનો દાખ-

આકૃતિ ૭૦.



આકૃતિ ૭૧.



લો છે. ૭૧ મી આકૃતિ જો; જમીનના જે ભાગઉપર પાટિયાનો એક છેડો રેહેછે તે ભાગ ટેકો, ટેકાથી થોડેએક અંતરે પાટિયા ઉપર કામ કરનાર માણસ જે પગથી દાબણ કરેછે તે ઉચ્ચાલક, અને પાટિયાના જે છેડાને દોરીએ વતી ઉપરની તરફ કોંક સાથે બાંધેલો હોયછે તે છેડા આગળ ઉચ્ચાલ્ય. હવે એ ઠેકાણે તે માણસ જેવો પાટિયાને નીચેની તરફ દાબેછે તેવોજ તે છેડો પાછો કોંકના જોરથી ઉપરની તરફ આવેછે, અને એ પ્રમાણે એક સરખો વ્યાપાર સેહેજ ઉત્પન્ન થાયછે.

જારે લાંબા ભાગને જલદીથી મોટા પલ્લામાં ગમન કરવાનું હોયછે તારેજ ફકત આ જાતનું ઉચ્ચાલન કામમાં આવેછે, તેથી કરીને ખસુસ ઉચ્ચાલ્ય કરતાં ઉચ્ચાલક હંમેશ વધારે બળનું જોઇશે. જે નિસરણી એક બાજુએથી કહરાને અઢેલીને મુકેલી હોયછે તેને સીધી ઉભી કરવી હોયછે, તે વેળાએ તે આ જાતનાં ઉચ્ચાલનનો દાખલો છે. પ્રાણિયોના શરીરમાં ત્રિજી જાતના ઉચ્ચાલનનો ઉપયોગ ઘણી મઝેથી થયો છે; જગત કર્ત્તાએ પ્રાણિયોના શરીરમાંહેના અવયવોનું જલદીથી ચલન વલન થાય માટે સ્નાયુની શક્તિ ચલનમધ્યની ઘણીજ નજીક મુકી છે, ને વળી શક્તિ પણ એટલી બધી મુકી છે કે જો તેઓના અગ્ર ભાગ ઉપર ભારે બોજો

મુકયો તો પણ તેઓ પોતાના અવયવો ઉંચકી શકેછે. આપણે હાથે વતી હરકોઈ બોજ ઉંચકીએછેએ તે, અથવા દાંતે વતી કઠણ પદાર્થ ભાંગીએછેએ તે, એ જાતના દાખલા છે. એ રચના પ્રાણિયોને ઘણીજ માફક છે કે-મકે ઘણું કરીને એવે સઘળે પ્રસંગે સેહેલથી અને ઝડપથી કામ થાય એવો હેતુ હોયછે, ભારે બળ કરવાની કાંઇજિ જરૂર હોતી નથી. હાથનું ઉદાહરણ લીધું તો, જારે આપણે હરકોઈ પદાર્થને ઉંચકીએછેએ તારે જે સ્નાયુ બભા આગળથી કોહોણી તરફ નીચે ચાલ્યા આવ્યા છે તેનો વ્યાપાર તે પદાર્થ ઉપર બનેછે, અને કોહોણીથી તે હથેલી સુધીના અંતરના એક દશાંશને આસરે તે સ્નાયુ કોહોણીથી નીચેની તરફ હોયછે: હવે કોહોણીની આસપાસ તેની નીચેની તરફના હાથનો ભાગ ફરેછે તેથી તે તેનું ચલનમધ્ય છે, અને એટલામાટે ઉંચકવાના પદાર્થ કરતાં સ્નાયુને દશગણું વધારે બળ કરવું પડશે. જોતાં પેહેલાં તો એમ માલમ પડેછે કે એમા ગેર નફો છે, પણ શક્તિમાં જે નુકસાન પોંહોંચેછે તેને બદલે વેગમાં નફો થાયછે, અને એપ્રમાણે માણસ જાતને નાના પ્રકારનાં કાર્ય કરવાનાં છે તે કરવા સારૂ સારી યોગ્યતા મળેલી છે. ૭૨ મી આકૃતિમાં (फ) કોહોણી અથવા ટેકો છે; (प) ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર (स) બભા આગળથી આકુંચન થાય એવી (म) સ્નાયુમાં રહીને બનેછે, અને (ब) કોહોણીથી તે પંઝા સુધીનો હાથનો ભાગ દેખાડેલો છે; (व) હાથમાં

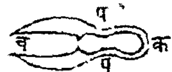
આકૃતિ ૭૨.



લીધેલું વજન અથવા ઉચ્ચાલ્ય દેખાડેછે. (म) સ્નાયુ માણસની ઇચ્છાના જોરથી અથવા (प) શક્તિથી થોડી- એક આકુંચન થયાથી, કોહોણી અથવા ટેકા આગળથી હાથને વાંકો વાળીને, વજન અથવા ઉચ્ચાલ્ય જે હાથમાં હોયછે તેને ઉંચકેછે.

ઉન કાતરવાની કાતર ત્રિજી જાતનું બેવડું ઉચ્ચાલન છે, (આકૃતિ ૭૩ મી); (क) કમાન એ બંને ઉચ્ચાલનનો ટેકો છે; (प,प) સ્થળે જે હાથ લગાડીએછેએ તે ઉચ્ચાલક, અને કાતરવાનું જે ઉન તે ઉચ્ચાલ્ય.

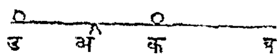
આકૃતિ ૭૩.



ચીપીઓ પણ ત્રિજી જાતના બેવડા ઉચ્ચાલનનો દાખલો છે.

બિજી અને ત્રિજી જાતના ઉચ્ચાલનમાં જો, ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યને સમતોલ રાખે, તો ટેકાથી બંને તરફના અંતરો વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં થશે. જો પાસેની ૭૪ મી આકૃતિમાં એવું ધારિયે કે (अ क व) લિટી બિજી જાતના ઉચ્ચાલનને દેખાડેછે, અને (व) આગળનું ઉચ્ચાલક (क) આગળના ઉચ્ચાલ્યને સમતોલ રાખેછે, તો ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય તેઓના વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં થશે, એટલે (अ) ટેકાથી બે ઇંચના અંતર ઉપર જે આઠ ઔંસનું (क) વજન છે તે ટેકાથી આઠ ઇંચ અંતર ઉપરના બે ઔંસના (व) વજન સાથે સરખું પ્રમાણ રાખેછે,

આકૃતિ ૭૪.



કેમકે ૮×૨=૨×૮. હવે મનમાં આણ કે તે ઉચ્ચાલન (ड) સુધી વધાર્યું, એવી રીતે કે (अ ड) (अ क) ની બરોબર થાય. પ્રથમ એવું દેખાડેલું છે કે બરોબર પદાર્થોમાં બરોબર વેગ ઉત્પન્ન કરવાને બરોબર શક્તિ જોઇએ છૈયે, પણ (ड) વંજન (क) વજનની બરોબર છે અને (अ) ટેકાથી બરોબર અંતરે છે માટે (व) શક્તિનાં જોરથી (क) ના જેટલોજ (ड) માં વેગ ઉત્પન્ન થશે; તેટલા માટે જેટલી શક્તિ (ड) ને આધાર આપવાને બસ થશે, તેટલીજ (क) ને જોઇશે. પણ (ड अ व) લિટી પેહેલી જાતનું ઉચ્ચાલન છે અને તેમાં જેમ (व) ઉચ્ચાલક (ड) ઉચ્ચાલ્યને છે તેમ (अ ड) (अ व) ને છે. પરંતુ તે ઉચ્ચાલક (क) ને પણ તેવીજ રીતે આધાર આપેછે, માટે (अ ड) જેમ (अ व) ને છે તેમજ તે ઉચ્ચાલક (क) ઉચ્ચાલ્યને થશે.

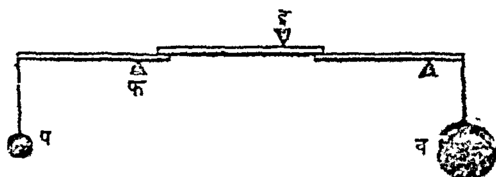
બિજી અને ત્રિજી જાતનાં ઉચ્ચાલન માહિનો તફાવત નીચેના ઉદાહરણથી દેખાડ્યામાં આવશે. કેમકે જો એજ આકૃતિમાં આપણે એવું ધારિયે કે (अ व) લિટી, તેના ઉપર એક અથવા વધારે બળ લગાડેલાં છે તેથી (अ) બિંદુ અથવા ટેકા ઉપર ફરી શકેછે, તો તે બિજી જાતનું ઉચ્ચાલન થશે, અને તેની માંહે (क) અને (व) આગળ બે વિરૂદ્ધ બળો લગાડેલાં છે, તે મધ્યે (क) ના જોરથી લિટી નીચેની તરફ નમેછે અને (व) નાં જોરથી તે ઉપરની તરફ ખેંચાયછે; એટલે, ઉચ્ચાલ્યનો વ્યાપાર (क) સ્થળે થાયછે અને ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર (व) આગળ થાયછે; અને એ વિરૂદ્ધ બળોને અરસપ-

ર્ય સમતોલ કરવા સારૂ ટેકાથી તેઓનાં અંતરના વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં તેઓના પ્રકૃત્યંશો થવા જોઇએ. પણ જો આપણે ઉલટું ધારિયે કે (क) બળનો વ્યાપાર ઉપરની તરફ થાયછે અને (व) નો નીચેની તરફ, તો તે ત્રિજી જાતનાં ઉચ્ચાલનનો દાખલો થશે, અને તેની માંહે ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર (क) સ્થળે થાયછે, અને ઉચ્ચાલ્યનો વ્યાપાર (व) સ્થળે થાયછે; પણ એ સ્પષ્ટ છે કે જો કદાપિ બળોના વ્યાપારના માર્ગ બદલાયછે તોપણ સમતોલમાં રેહેવા સારૂ તેઓના પ્રકૃત્યંશ તો જેટલા છે તેટલાના તેટલાજ રેહેવા જોઇએ, અને એ ઠેકાણે પણ ઉચ્ચાલ્ય અને ઉચ્ચાલક (अ) અચળ બિંદુ અથવા ટેકાથી તેઓનાં અંતરનાં વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં થશે.

મિશ્ર ઉચ્ચાલન વિશે.

કેટલાંએક ઉચ્ચાલનોનો વ્યાપાર એક બિજા ઉપર થાય એવી રીતે તેઓને એકઠાં કીધાથી મિશ્ર ઉચ્ચાલન ઉત્પન્ન થાયછે; જારે ઘણી શક્તિની જરૂર હોયછે અને લાંબું ઉચ્ચાલન કરવાને મુશકેલ પડેછે તારે ઘણું કરીને એવાં ઉચ્ચાલન કામમાં આવેછે. પાસેની ૭૫ મી આકૃતિમાં પ્રત્યેકનો વ્યાપાર પોતાના ટેકા ઉપર થાયછે

આકૃતિ ૭૫.

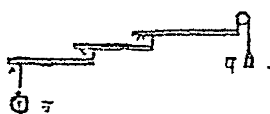


એવાં પેહેલી જાતનાં ત્રણ ઉચ્ચાલનથી બનેલું એક મિશ્ર ઉચ્ચાલન દેખાડેછે. એ યંત્રનો હેતુ એ છે કે (प) નાહાનું બળ (व) ભારે વજનને ખસેડે અથવા સમતોલ રાખે. મિશ્ર ઉચ્ચાલનનો વ્યાપાર ગણવામાં અમિશ્ર ઉચ્ચાલનને સારૂ જે રીત કહેલી છે તેજ રીતે કામમાં આવેછે; તે રીત એ કે: "હરકોઈ ઉચ્ચાલન ઉપરના ઉચ્ચાલ્યને ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્યસુધીનાં અંતરે ગુણવું; પછી ઉચ્ચાલકને પણ તેજ ટેકાથી ઉચ્ચાલકસુધીના અંતરે ગુણવું; અને જો એમ કીધાથી બંને ગુણાકાર બરોબર આવશે તો ઉચ્ચાલ્ય અને ઉચ્ચાલક સમતોલ રેહેશે." ઉચ્ચાલકનું કાર્ય ઉચ્ચાલ્યઉપર શી રીતે બનેછે તે અનુક્રમે પ્રત્યેક ઉચ્ચાલનના કાર્યનો વિચાર કીધાથી માલમ પડશે. (प) આગળનું ઉચ્ચાલક (इ) સ્થળે ઉપરની તરફ બળ કરેછે અને તે બળ જેટલું (पफ), (इफ) ની સાથે પ્રમાણ રાખેછે તેટલુંજ (प) ની સાથે રાખેછે. જો આપણે એવું ધારિયે કે ત્રંણે ઉચ્ચાલનો બરોબર લંબાઇનાં છે, અને તેમના લાંબા છેડા આઠ આઠ ઇંચના અને ટુંકા બે બે ઇંચના છે, તો (प) આગળનું એક શેર વજન (इ) આગળના ચાર શેર વજનને સમતોલ રાખશે; કેમકે લાંબો ભાગ આઠ ઇંચિ છે તેને જો એક શેર વજનના (प) ઉચ્ચાલકે ગુણ્યા તો તેનો ગુણાકાર આઠ થાયછે, અને ટુંકો ભાગ બે ઇંચિ છે માટે તેટલોજ ગુણાકાર થવા સારૂ તેને ચારે વતી ગુણવો જોઇએ; અને એ પ્રમાણે બિજા ઉચ્ચાલનનો લાંબો ભાગ જેથી

આઠ ઇંચિ છે તેને છેડે ચાર શેરના ઉચ્ચાલક જેટલો વ્યાપાર થાયછે તેથી કરીને તે બેઉનો ગુણાકાર ૩૨ થાયછે, અને તેનો ટુંકો છેડો બે ઇંચિ છે માટે તેજ ફળ ઉત્પન્ન થવા સારૂ તેણી તરફ ૧૬ શેરનું ઉચ્ચાલ્ય જોઇએ; તેટલા માટે સોળ શેરના ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર ત્રિજા ઉચ્ચાલનના લાંબા ભાગ ઉપર થાયછે, અને તે આઠ ઇંચિ લંબાઇનો છે તેથી કરીને તેનું ફળ ૧૬×૮=૧૨૮ થાયછે અને તેનો ટુંકો ભાગ બે ઇંચિ લાંબો છે માટે તેનું એટલુંજ ફળ ઉત્પન્ન કરવા સારૂ ૬૪ વતી ગુણવા જોઇએ; તેટલા માટે (प) આગળના એક શેરના ઉચ્ચાલકે વતી (व) આગળનું ૬૪ શેરનું વજન સમતોલ રેહેશે.

ઉપરનું બયાન પેહેલી જાતના ત્રણ ઉચ્ચાલનથી બનેલા મિશ્ર ઉચ્ચાલનનેમાટે છે, અને ગમે તેટલાં ઉચ્ચાલનનું બિજું મિશ્ર ઉચ્ચાલન હશે તેને માટે પણ એજ રીત લાગુ પડશે. પાસેની ૭૬ મી આકૃતિમાં બિજી

આકૃતિ ૭૬.

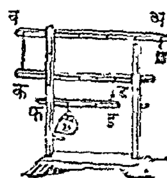


જાતના ત્રણ ઉચ્ચાલને કરીને થયલું એક મિશ્ર ઉચ્ચાલન છે; અને પાછળનાં ઉદાહરણ પ્રમાણે જો પ્રત્યેક ઉચ્ચાલન ઉચ્ચાલનના લાંબા અને ટુંકા છેડા હશે તો તેની પેઠેજ એક શેરનું ઉચ્ચાલક ૬૪ શેરના ઉચ્ચાલ્યને સમતોલ રાખશે.

ઉપરના બયાન ઉપરથી માલમ પડશે કે ગમે તેટલાં ઉચ્ચાલનનાં બનેલા મિશ્ર ઉચ્ચાલનનો વ્યાપાર, પ્રત્યેક

ઉચ્ચાલનના ઉચ્ચાલ્ય અને ઉચ્ચાલકના પ્રમાણના અંકને એકઠા ગુણ્યાથી નિકળેછે; અને જો તે ઉચ્ચાલનોમાં કેટલાંએક પેહેલી જાતનાં અને કેટલાંએક બિજી ત્રિજી જાતનાં હશે તોપણ હિસાબમાં કાંઈ ફેર પડશે નહીં. આ આગળના ઉદાહરણમાં

આકૃતિ ૭૭.

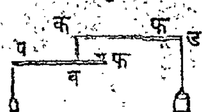


એક પેહેલી જાતનું અને બે બિજી જાતના ઉચ્ચાલનથી બનેલું એક મિશ્ર ઉચ્ચાલન દેખાડેલું છે, (આકૃતિ ૭૭ મી). (अ ब) પેહેલી જાતનું ઉચ્ચાલન છે, અને (क ड) અને (इ फ) એ બંને બિજી જાતનાં ઉચ્ચાલનો છે. (अ ब) ઉચ્ચાલનની લંબાઈ પાંચ ઈંચ છે એવું ધાર્યું તો, (अ) આગળનું એક શેરનું વજન (ब) આગળના પાંચ શેર વજનને સમતોલ રાખશે; અને એ ઉચ્ચાલન બિજા (क ड) ઉચ્ચાલન સાથે સંયુક્ત કીધેલું છે, માટે તેનાં જોરથી (क) સ્થળે પાંચ શેરના ઉચ્ચાલક જેટલો વ્યાપાર બનશે; અને જો (क ड) ઉચ્ચાલનની લંબાઈ છ ઈંચ હોશે, તો (क) આગળનું પાંચ શેરનું, ઉચ્ચાલક (ड) આગળના ૩૦ શેરના ઉચ્ચાલ્યને ધારણ કરશે, કેમકે ૫×૬=૩૦ એ બિજું ઉચ્ચાલન તેજ પ્રમાણે ત્રિજા (इ फ) ઉચ્ચાલનસાથે સંયુક્ત કીધેલું છે માટે ૩૦ શેર વજનના ઉચ્ચાલક જેટલો વ્યાપાર (इ) સ્થળે બનશે, અને એ ઉચ્ચાલનની લંબાઈ ૪ ઈંચ છે માટે (फ) આગળ ૧૨૦ શેર વજનના ઉચ્ચાલ્યને તે સમતોલ રાખશે, (૪×૩૦=૧૨૦). તોળવાનાં

યંત્રો બનાવેછે તેમાં, અને તે મધ્યે વિશેષે કરીને જાંહાં ભારે વજન તોળવાને જગાની અંડચણને લીધે બિજાં યંત્રો થઈ શકતાં નથી એવે ઠેકાણે મિશ્ર ઉચ્ચાલનનો ઉપયોગ થાયછે. રસ્તા ઉપર ભારે ભરેલી ગાડીનો કર લેવામાટે તેને તોળવાને જે યંત્ર કામમાં આવેછે, તે મિશ્ર ઉચ્ચાલનનો એક દાખલો છે.

પેહેલી અને બિજી જાતનાં એવાં બે ઉચ્ચાલનો (वक) લાકડીએ કરીને પાસેની ૭૮ મી આકૃતિ પ્રમાણે કોઈ કોઈ વાર જોડાયામાં આવેછે. એ ઠેકાણે (प) ના જોરથી (व) ને પ્રાપ્ત થયલો પ્રતિબંધ જે (क) ને પોંહોંચેછે તે એટલો છે કે, જો (प) ને (पफ) અંતરે ગુણ્યો તો તે ગુણાકાર તે પ્રતિબંધને (वफ) અંતરે ગુણીએ તે ગુણાકારની બરોબર થશે; હવે (व) પ્રતિબંધ જે (क) ને પોંહોંચેછે તે શક્તિ પ્રમાણે ગણ્યામાં આવશે, અને જો તેને (कफ) અંતરે ગુણ્યો તો સમતોલન થવાને તે ગુણાકાર (ङफ) અંતરને (क) એ ગુણિયે તેની બરોબર થવો જોઇએ.

આકૃતિ ૭૮.



પઈડાંને કાહાડવાસારૂ ગાડાને જે ઉચ્ચાલને કરીને ઉંચકેછે, તે એજ જાતનાં ઉચ્ચાલનો છે.

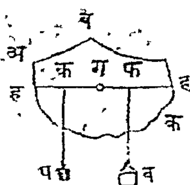
વાંકા ઉચ્ચાલન વિશે.

સીધા ઉચ્ચાલનની જુદી જુદી જાતિઓનો વિચાર કીધો, હવે આપણે એ યંત્રની ઘણી સામાન્ય રચના

ધ્યાનમાં લઇશું, અને એ યંત્રને હર કોઈ નક્કર પદાર્થ જેને અચળ આંસ છે, તથા જેની ઉપર તે ફરી શકેછે એવું માનીશું. એ મૂળ તત્વ દેખાડ્યાથી વાંકું ઉચ્ચાલન ઘણી રોહેલી રીતે સમજાશે.

મનમાં આણ કે (अवक), (આકૃતિ ૭૯), કોઈ નક્કર પદાર્થના પરીચ્છેદ છે, અને એવું ધાર કે તે પદાર્થ, (ग) આગળ આંસ જે કાગળની સફાઈ ઉપર લંબ છે તેના ઉપર ફરી શકેછે. (ग) ની આરપાર (हगह) ક્ષિતિજ રેષા દોર, અને જે (व) વજન લટકાવવાનું છે તેને (फ) આગળ વલગાડ, અને જે (प) ઉચ્ચાલક

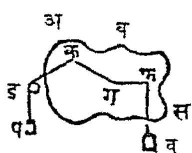
આકૃતિ ૭૯.



તેને આધાર આપેછે તે (क) આગળ વલગાડ. જેટલા ઔંસનું ઉચ્ચાલક છે, તે ઔંસના આંકડાને (ग) મધ્યથી તે ઉચ્ચાલક સુધીનું જેટલા ઇંચિનું અંતર છે તે ઇંચિના આંકડાએ ગુણિયે તે ગુણાકાર જો ઉચ્ચાલ્ય જેટલા ઔંસનું છે તે આંકડાને તેજ મધ્યથી તે ઉચ્ચાલ્ય સુધી જેટલા ઇંચિ થાય, તે આંકડાએ ગુણિયે તે ગુણાકારની બરોબર થાય, તો ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યને સમતોલ રાખશે. ઉદાહરણ, જો (ग) આંસથી છ ઇંચિના અંતર ઉપર (प) ઉચ્ચાલક ત્રણ ઔંસ વજનનું હોશે, તો તેજ જગોથી બે ઇંચિના અંતર ઉપરના નવ ઔંસ વજનનાં (व) ઉચ્ચાલ્યને ધારણ કરશે, કેમકે ૩×૬=૯×૨.

વળી મનમાં આણ કે (फ) સ્થળ આગળથી (व) ઉચ્ચાલ્ય દોરીએ લટકાવેલું છે. (આકૃતિ ૮૦) એ સ્પષ્ટ છે કે એકલા તે વજનનો વ્યાપાર ચાલવા દીધો તો, તેના જોરથી તે પદાર્થ (अवस) માર્ગમાં ફરી જશે. બિજી દોરી (क) સ્થળે વલગાડ, અને, (इ) ચક્ર ઉપર રહીને દોરી લઈ જા, અને (प) ઉચ્ચાલક એટલું ભારે લે કે (सवअ) માર્ગમાં તે પદાર્થને આંસ ફેરવે, અને તે પદાર્થને (व) ઉચ્ચાલ્ય જેટલો વિરૂદ્ધ માર્ગમાં વાંકો વાલે. પછી જો (व) અને (प) એ બંને વજનોનો નિશ્ચય કીધો, તથા આંસથી બેઉ દોરિઓના (गफ) અને (गक) લંબરૂપ અંતરોનું પણ બરોબર માપ કાહાડ્યું, તો માલમ પડશે કે (प) વજનનાં ઔંસના આંકડાનો અને (गक) માંહેના ઇંચિના અંકનો ગુણાકાર, (व) વજનનાં ઔંસના આંકડાનો અને (गफ)ના ઇંચિના અંકના ગુણાકારની બરોબર થશે.

આકૃતિ ૮૦.



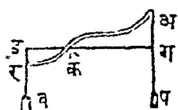
એ સ્પષ્ટ છે કે જો ઔંસ તથા ઇંચિ વગર બિજી હરકોઈ સંજ્ઞાના વજન તથા અંતર કામમાં લીધાં તો ચાલશે, માત્ર એટલુંજ કે ઉચ્ચાલ્ય અને ઉચ્ચાલક એ બેઉને માટે એકજ જાતનું વજન તથા અંતર કામમાં લેવું જોઇએ. એ દાખલાઓ ઉપરથી એવું નિકળેછે કે હરકોઈ પદાર્થઉપર બળની યોજના કીધાથી તે જેટલા જોરથી પોતાના આંસની આસપાસ ફરેછે તેનું માપ, તે બળને આંસથી તે ફરવાના માર્ગસુધી જે લંબ થાયછે

તેણે ગુણ્યાથી નિકળેછે. એવી રીતે પ્રાપ્ત થયલા ગુણાકારને આંસની આસપાસના બળનું વેગમાન કેહેછે; એ ખુલ્લું છે કે જો વેગમાન હરેક પ્રમાણમાં વધાર્યું અથવા ઘટાડ્યું તો યંત્રને આંસની આસપાસ ફેરવનાર બળનું કાર્ય પણ બરોબર તેજ પ્રમાણમાં વધશે અથવા ઘટશે. અથવા જે બળોનું વલણ પદાર્થને એક માર્ગમા ફેરવવાનું હોયછે, તેઓનાં વેગમાનનો સર્વાળો તેનાથી ભિન્ન વિરુદ્ધ માર્ગમાં તેને ફેરવવાને જે બળોનું વલણ હોયછે તેઓના વેગમાનના સર્વાળા કરતાં જો વધારે હશે તો તે પદાર્થ તેના મધ્યની આસપાસ જેણી તરફ વધારે વેગમાન હશે તેણી તરફ ફરશે.

હરકોઈ સીધા અથવા વાંકા ઉચ્ચાલનના ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યનું યાંત્રિક ફળ, ટેકાથી તે જે માર્ગમાં બળોનો વ્યાપાર થાયછે તાંહાંસુધી જે લંબ લિટી થાયછે, તેણે કરીને હંમેશ દેખાડ્યામાં આવેછે.

મનમાં આણ કે (अकर) એક વાંકું ઉચ્ચાલન છે, અને તે (क) સ્થળે સમતોલ રહેલું છે, તથા તેને બેઉ છેડે (प) અને (व) બે વજનો (अप) અને (रव) માર્ગોમાં લટકતાં મુકેલાં છે; ૮૧ મી આકૃતિ જો. હવે જો ટેકાથી તે (प) ઉચ્ચાલકના માર્ગસુધી એટલે (क) થી તે (ग) સુધી એક લંબ લિટી દોરી, અને વળી તાંહાંથીજ ઉચ્ચાલ્યના માર્ગસુધી, એટલે (क) થી તે (इ) સુધી એક બિજી લંબ લિટી દોરી તો, જે મૂળ તત્વે કરીને સીધા

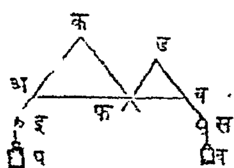
આકૃતિ ૮૧.



ઉચ્ચાલનનું કાર્ય ગણાયછે તેજ મૂળ તત્વથી એણે કરીને ઉત્પન્ન થયલું કાર્ય પણ ગણાશે;—ઉદાહરણ, જો (क) થી તે (ग) સુધીનું અંતર છ ઇંચ હોય, અને (क) થી તે (इ) સુધી ત્રણ ઇંચ હોય, તો (प) આગળ બે ઔંસ વજન (व) આગળ ચાર ઔંસ વજનને સમતોલ રાખશે, કેમકે ૬×૨=૪×૩. તેટલામાટે હરકોઈ બે બળો જે વાંકા ઉચ્ચાલનને જુદા જુદા માર્ગમાં ફેરવેછે તેઓનું વેગમાન જો બરોબર હોશે તો તે એક બિજાને સમતોલ રાખશે.

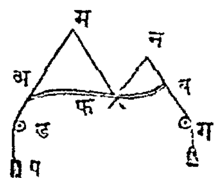
પાછળના દાખલામાં આપણે એવું ધાર્યુંછે કે ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યનો વ્યાપાર ઉચ્ચાલનની લંબાઈઉપર લંબરૂપ, અને એક બિજાસાથે સમાંતર માર્ગમાં થાયછે. પણ એપ્રમાણે કાંઈ હંમેશાં હોતું નથી, કેમકે ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય એ બેઉના વ્યાપાર ઘણી વાર આડકતરા પણ થાયછે. એવું ધાર કે (अव) ઉચ્ચાલન છે, અને તેનો ટેકો (फ) સ્થળે છે, અને ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યના વ્યાપાર (अइ) અને (वस) ત્રાંસા માર્ગમાં બનેછે; (આકૃતિ ૮૨.) એ ઉચ્ચાલનની શક્તિનો હિસાબ કાહાડવાસારૂ આપણે આગળના ઉદાહરણ પ્રમાણે લિટીયો દોરવી જોઇએ; તેટલામાટે જો (इअ) અને (सव) લિટીયો વધારી અને તેના ઉપર ટેકાથી (फक) અને (फड) લંબ લિટીયો દોરી, તો ઉચ્ચાલકને (फक) લિટીયે ગુણ્યાથી તેનું વેગમાન માલૂમ પડશે, અને ઉચ્ચાલ્યનું વેગમાન તેને (फड) લિટીયે

આકૃતિ ૮૨.



ગુણ્યાથી જણાશેઃ જો (व) ૮ ઔંસ અને (फड) ત્રણ ઇંચ હશે, અને (प) ૪ ઔંસ અને (फक) ૬ ઇંચ હોશે તો સમતોલન ઉત્પન્ન થશે, કેમકે ૪×૬=૮×૩.

ઉપરના ઉદાહરણ પ્રમાણે આગળની ૮૩ મી આકૃતિ ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યનો વ્યાપાર ત્રાંસા માર્ગમાં થાયછે તે દેખાડેછે, પણ એટલોજ તફાવત છે કે પાધરાં ઉચ્ચાલનને બદલે વાકું ઉચ્ચાલન છે. પણ હિસાબ ગણવાની રીતમાં ઉચ્ચાલન વાંકું છે તેથી કરીને કાંઈ ફેરફાર થતો નથી; તેટલામાટે એ ઉચ્ચાલનની શક્તિનો નિશ્ચય ૮૨ મી આકૃતિ પ્રમાણે કેવળ તેજ મૂળ તત્વઉપ[illegible]ો. (हअ) લિટી વધાર, અને એના ઉપર (फ[illegible] કર; એ લિટી ઉચ્ચાલનનો લાંબો એજ રીતે (गव) લિટી વધાર, અ બિજી લંબ લિટી (फ) ટેકાથી દે ટુંકો ભાગ દેખાડશેઃ પાછળના લક અને ઉચ્ચાલ્યનું વેગમાન

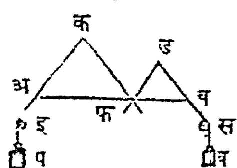


કોઈ વાર ઉચ્ચાલન એવી રીત કુ હોયછે કે, તેના બંને ભાગ એક[illegible] ઉપર લંબ હોયછે, (૮૪ મી આ[illegible] (फ) ટેકો કાટખુણા આગળ કરીને એને કાટખુણ ઉચ્ચાલ[illegible] (फक) ટુંકા ભાગના છેડા[illegible]

ઉચ્ચાલનનું કાર્ય ગણાયછે તેજ મૂળ તત્વથી એણે કરીને ઉત્પન્ન થયલું કાર્ય પણ ગણાશે;—ઉદાહરણ, જો (क) થી તે (ग) સુધીનું અંતર છ ઇંચ હોય, અને (क) થી તે (इ) સુધી ત્રણ ઇંચ હોય, તેા (प) આગળ બે ઔંસ વજન (व) આગળ ચાર ઔંસ વજનને સમતોલ રાખશે, કેમકે ૬×૨=૪×૩. તેટલામાટે હરકોઈ બે બળો જે વાંકા ઉચ્ચાલનને જુદા જુદા માર્ગમાં ફેરવેછે તેઓનું વેગમાન જો બરોબર હોશે તો તે એક બિજાને સમતોલ રાખશે.

પાછળના દાખલામાં આપણે એવું ધાર્યું છે કે ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યનો વ્યાપાર ઉચ્ચાલનની લંબાઈઉપર લંબરૂપ, અને એક બિજાસાથે સમાંતર માર્ગમાં થાયછે. પણ એપ્રમાણે કાંઈ હંમેશાં હોતું નથી, કેમકે ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય એ બેઉના વ્યાપાર ઘણી વાર આડકતરા પણ થાયછે. એવું ધાર કે (अव) ઉચ્ચાલન છે, અને તેનો ટેકો (फ) સ્થળે છે, અને ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યના વ્યાપાર (अइ) અને (वस) ત્રાંસા માર્ગમાં બનેછે;

આકૃતિ ૮૨.

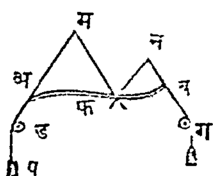


(આકૃતિ ૮૨.) એ ઉચ્ચાલનની શક્તિનો હિસાબ કાહાડવાસારૂ આપણે આગળના ઉદાહરણ પ્રમાણે લિટીયો દોરવી જોઇએ; તેટલામાટે જો (इअ) અને (सव) લિટીયો વધારી અને તેના ઉપર ટેકાથી (फक) અને (फड) લંબ લિટીયો દોરી, તો ઉચ્ચાલકને (फक) લિટીયે ગુણ્યાથી તેનું વેગમાન માલૂમ પડશે, અને ઉચ્ચાલ્યનું વેગમાન તેને (फड) લિટીયે

ગુણ્યાથી જણાશેઃ જો (व) ૮ ઔંસ અને (फ ड) ત્રણ ઇંચ હશે, અને (प) ૪ ઔંસ અને (फ क) ૬ ઇંચ હોશે તો સમતોલન ઉત્પન્ન થશે, કેમકે ૪×૬=૮×૩.

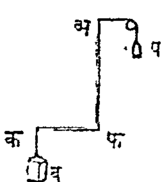
ઉપરના ઉદાહરણ પ્રમાણે આગળની ૮૩ મી આકૃતિ ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યનો વ્યાપાર ત્રાંસા માર્ગમાં થાયછે તે દેખાડેછે, પણ એટલોજ તફાવત છે કે પાધરાં ઉચ્ચાલનને બદલે વાંકું ઉચ્ચાલન છે. પણ હિસાબ ગણવાની રીતમાં ઉચ્ચાલન વાંકું છે તેથી કરીને કાંઈ ફેરફાર થતો નથી; તેટલામાટે એ ઉચ્ચાલનની શક્તિનો નિશ્ચય ૮૨ મી આકૃતિ પ્રમાણે કેવળ તેજ મૂળ તત્વઉપરથી થશે. (ड अ) લિટી વધાર, અને એના ઉપર (फ) આગળથી એક લંબ કર; એ લિટી ઉચ્ચાલનનો લાંબો ભાગ દેખાડશેઃ અને એજ રીતે (ग व) લિટી વધાર, અને એના ઉપર એક બિજી લંબ લિટી (फ) ટેકાથી દોર, પછી એ લિટી ટુંકો ભાગ દેખાડશેઃ પાછળના દાખલા પ્રમાણે ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યનું વેગમાન માલમ પડશે.

આકૃતિ ૮૩.



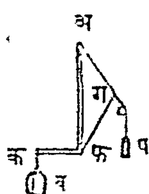
કોઈ વાર ઉચ્ચાલન એવી રીતનું વાંકું હોયછે કે, તેના બંને ભાગ એક બિજા ઉપર લંબ હોયછે, (૮૪ મી આકૃતિમાં) (फ) ટેકો કાટખુણા આગળ છે, તેથી કરીને એને કાટખુણ ઉચ્ચાલન કેહેછે. (फ क) ટુંકા ભાગના છેડા આગળથી

આકૃતિ ૮૪.



(व) ઉચ્ચાલ્ય લટકાવેલું છે, અને (अफ) લાંબા ભાગના છેડા આગળથી (प) ઉચ્ચાલક લટકાવેલું છે, એ ઠેકાણે ઉચ્ચાલકનું વેગમાન (प) અને (अफ) એ બંનેનો ગુણાકાર છે, અને ઉચ્ચાલ્યનું વેગમાન (व) અને (फक) નો ગુણાકાર છે; જો એ બંને વેગમાન બરોબર હોશે, તો સમતોલન ઉત્પન્ન થશે. ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર ટેકાઆગળ કાટખુણે થાયછે તેને બદલે પાસેના ૮૫ મી આકૃતિ પ્રમાણે

આકૃતિ ૮૫.



ત્રાંસા માર્ગમાં બને એવું ધાર્યું તો પણ એ ઉચ્ચાલનની શક્તિનો હિસાબ કાહાડવાની રીત ૮૩ મી આકૃતિ પ્રમાણેજ છે. એ ઠેકાણે ઉચ્ચાલકના માર્ગની (अप) લિટી છે તેના ઉપર (फ) ટેકાથી લંબ લિટી દોરી તો, તે ઉચ્ચાલકનો ખરો ભાગ દેખાડશે: હવે એવું ધારિયે કે (व) વજન પાંચ શેરનું છે, અને તેનો વ્યાપાર ટેકાથી એક ફુટનાં અંતર ઉપર બનેછે, તથા (फग) લિટી પાંચ ફુટ છે, અને (प) ઉચ્ચાલક એક શેરનું છે, તો ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય એક બિજાને બરોબર સમતોલ રાખશે.

બંબાનો દાંડો વાંકા ઉચ્ચાલનનો જાણીતો દાખલો છે, તેની અંદર બંબો ચોપનાર માણસનું બળ દાંડાના છેડાને લગાડેલું હોયછે તે ઉચ્ચાલક; દાંડાસાથે જે દટ્ટો જડેલો હોયછે તેનું ઘર્ષણ અને ઉશડવાનું પાણી એ બંને ઉચ્ચાલ્ય; અને બંબાના દાંડાનો જે સાંધો તે ટેકો.

જારે હથોડી ખીલાને ખેંચી કાહાડવાના કામમાં આ-

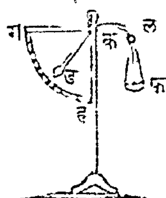
વેછે. તારે તે પણ એજ જાતનું ઉચ્ચાલન છે; જે (क) બિંદૂઉપર તે હથોડી દાબણ કરેછે તે તેનો ટેકો; તે હથોડીના હાથાઉપર (अ) સ્થળે જે શક્તિની યોજના કરી છે તે ઉચ્ચાલક; અને ખીલાનું જે પ્રતિહત બળ તે ઉચ્ચાલ્ય; ૮૬ મી આકૃતિ જો.

આકૃતિ ૮૬.



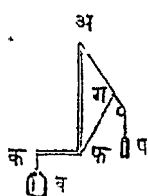
પાસેની ૮૭ મી આકૃતિમાં જે યંત્ર દેખાડેલું છે તેને વાંકા ઉચ્ચાલનનું તાજવું કેહેછે. વાંકા ઉચ્ચાલનના (ल) ભાગઆગળ જે પદાર્થ તોલવાનો હોયછે તે મુકવાને સારૂ એક (फ) પલ્લું લટકાવેલું છે; બિજા (क ड) ભાગને છેડે એક ભારે ગઠ્ઠો જડેલો છે, અને એ ભાગ સ્કેલરૂપ (ग ह) કૌસમાં ઉપર નીચે ફરી શકે એવો છે. હવે (फ) પલ્લામાં કાંઇક વજન મુક્યું તો એ સ્પષ્ટ છે કે તેથી કરીને (ड) ગઠ્ઠો કૌસમાં ઉપર ચઢશે; અને (ड) ઉપર ચઢતાં ચઢતાં જે સ્થળે ઉચ્ચાલ્યને સમતોલ રાખશે તે સ્થળ આગળનો અંક ઉચ્ચાલ્યનું વજન બતાવશે. એ યંત્રમાં જુદાં જુદાં વજનોનાં સ્થળ પ્રયોગથી અથવા ગણિતથી માલમ પડેછે. અને એ ભાગસ્થળના ચિન્હો કૌસઉપર થયાથી (ड) અણી કૌસઉપરના જે ભાગઆગળ હોશે તે સ્થળનો અંક (फ) પલ્લા માંહેના પદાર્થનું વજન બતાવશે.

આકૃતિ ૮૭.



(व) ઉચ્ચાલ્ય લટકાવેલું છે, અને (अफ) લાંબા ભાગના છેડા આગળથી (प) ઉચ્ચાલક લટકાવેલું છે, એ ઠેકાણે ઉચ્ચાલકનું વેગમાન (प) અને (अफ) એ બંનેનો ગુણાકાર છે, અને ઉચ્ચાલ્યનું વેગમાન (व) અને (फक) નો ગુણાકાર છે; જો એ બંને વેગમાન બરોબર હોશે, તો સમતોલન ઉત્પન્ન થશે. ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર ટેકાઆગળ કાટખુણે થાયછે તેને બદલે પાસેના ૮૫ મી આકૃતિ પ્રમાણે

આકૃતિ ૮૫.



ત્રાંસા માર્ગમાં બને એવું ધાર્યું તો પણ એ ઉચ્ચાલનની શક્તિનો હિસાબ કાહાડવાની રીત ૮૩ મી આકૃતિ પ્રમાણેજ છે. એ ઠેકાણે ઉચ્ચાલકના માર્ગની (अप) લિટી છે તેના ઉપર (फ) ટેકાથી લંબ લિટી દોરી તો, તે ઉચ્ચાલકનો ખરો ભાગ દેખાડશેઃ હવે એવું ધારિયે કે (व) વજન પાંચ શેરનું છે, અને તેનો વ્યાપાર ટેકાથી એક ફુટનાં અંતર ઉપર બનેછે, તથા (फग) લિટી પાંચ ફુટ છે, અને (प) ઉચ્ચાલક એક શેરનું છે, તો ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય એક બિજાને બરોબર સમતોલ રાખશે.

બંબાનો દાંડો વાંકા ઉચ્ચાલનનો જાણીતો દાખલો છે, તેની અંદર બંબો ચાંપનાર માણસનું બળ દાંડાના છેડાને લગાડેલું હોયછે તે ઉચ્ચાલક; દાંડાસાથે જે દટ્ટો જડેલો હોયછે તેનું ઘર્ષણ અને ઉરાડવાનું પાણી એ બંને ઉચ્ચાલ્ય; અને બંબાના દાંડાનો જે સાંધો તે ટેકો.

જારે હથોડી ખીલાને ખેંચી કાહાડવાના કામમાં આ-

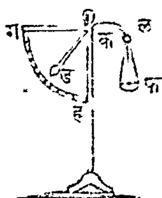
વેછે તારે તે પણ એજ જાતનું ઉચ્ચાલન છે; જે (क) બિંદૂઉપર તે હથોડી દાબણ કરેછે તે તેનો ટેકો; તે હથોડીના હાથાઉપર (अ) સ્થળે જે શક્તિની યોજના કરી છે તે ઉચ્ચાલક; અને ખીલાનું જે પ્રતિહત બળ તે ઉચ્ચાલ્ય; ૮૬ મી આકૃતિ જો.

આકૃતિ ૮૬.



પાસેની ૮૭ મી આકૃતિમાં જે યંત્ર દેખાડેલું છે તેને વાંકા ઉચ્ચાલનનું તાજવું કેહેછે. વાંકા ઉચ્ચાલનના (ल) ભાગઆગળ જે પદાર્થ તોલવાનો હોયછે તે મુકવાને સારૂ એક (फ) પલ્લું લટકાવેલું છે; બિજા (क ड) ભાગને છેડે એક ભારે ગઠ્ઠો જડેલો છે, અને એ ભાગ સ્કેલરૂપ (ग ह) કોસમાં ઉપર નીચે ફરી શકે એવો છે. હવે (फ) પલ્લામાં કાંઇક વજન મુક્યું તો એ સ્પષ્ટ છે કે તેથી કરીને (ड) ગઠ્ઠો કોસનાં ઉપર ચઢશે; અને (ड) ઉપર ચઢતાં ચઢતાં જે સ્થળે ઉચ્ચાલ્યને સમતોલ રાખશે તે સ્થળ આગળનો અંક ઉચ્ચાલ્યનું વજન બતાવશે. એ યંત્રમાં જુદાં જુદાં વજનોનાં સ્થળ પ્રયોગથી અથવા ગણિતથી માલમ પડેછે. અને એ ભાગસ્થળના ચિન્હો કોસઉપર થયાથી (ड) અણી કોસઉપરના જે ભાગઆગળ હોશે તે સ્થળનો અંક (फ) પલ્લા માંહેના પદાર્થનું વજન બતાવશે.

આકૃતિ ૮૭.

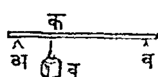


પછવાડેના દાખલાઓ ઉપરથી એ લાગલું માલમ પડી આવશે કે, ઉચ્ચાલનની આકૃતિ ગમે તેવી હોશે, તથા જે બળની યોજના કીધી છે તેનું તિર્કસપણું ગમે તેટલું હોશે, તોપણ યંત્રની શક્તિનો નિશ્ચય બળોની લિટીઓથી કાટખુણા કરે એવી ટેકાસુધી કલ્પિત લિટીઓ દોર્યાથી અને પછી તેઉપરથી ગણિત કીધાથી થશે.

ઉચ્ચાલનની નાના પ્રકારની જાતિનો વિચાર કીધો, હવે આપણે એ ભાગ પુરો થતાં પેહેલાં જે દાંડીને બે ટેકાનો આધાર મળેછે તેના ઉપર ઉચ્ચાલ્યનું કાર્ય શી રીતે બને તેનો વિચાર કરીશું.

જારે (अ) અને (व) એ બે ટેકાઉપર દાંડી રેહેછે, (આકૃતિ ૮૮) અને વચમાંના હરકોઈ (क) સ્થળે (व) વજનને આધાર મળેલો હોયછે, તારે ઉચ્ચાલ્યના જોરથી બેઉ ટેકાઉપર કેટલું કેટલું દાબણ થાયછે તે પ્રથમ કહેલા મૂળ તત્વોના આધાર ઉપરથી ગણિત કીધાથી માલમ પડશે. (व) ટેકાઉપર જે દાબણ થાયછે તે (अव) બિજી જાતના ઉચ્ચાલનના (व) ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપનાર ઉચ્ચાલક છે એવું માનિયે તો, (वअ) ઉચ્ચાલનની લંબાઈને ઉચ્ચાલકે ગુણ્યાથી જે ગુણાકાર આવશે તે, (कअ) ટુંકા ભાગને ઉચ્ચાલ્યે ગુણ્યાથી જે ગુણાકાર આવશે તેની બરોબર થશે. જો (कअ) ભાગ (अव) ઉચ્ચાલનનો એક તૃતિયાંશ હોશે, અને (वक) બે તૃતિયાંશ હોશે તો (व) ઉપર (व) ઉચ્ચાલ્યના એક તૃતિયાંશ જેટલું દાબણ

આકૃતિ ૮૮.



થશે, અને (अ) ઉપર તેના બે તૃતિયાંશ જેટલું થશે. એ ઉદાહરણ ઉપરથી એ ખુલ્લું માલમ પડેછે કે, જો ઉચ્ચાલ્યને (अ) અને (ब) થી બરોબર અંતરે લટકાવ્યું હોશે તો, પ્રત્યેક ટેકાઉપર તે ઉચ્ચાલ્યના અર્ધ જેટલું દાબણ થશે.

ભાગ આઠમો.

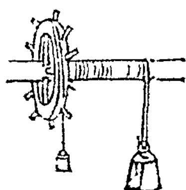
ચક્ર અને આંસ વિશે.

પાછળ એ બતાવ્યું છે કે, જારે ઉચ્ચાલનથી પદાર્થમાં ગતિ ઉત્પન્ન કરિયે છૈએ તારે તેનું જોર થોડી વાર રેહેછે અને રહી રહીને થાયછે. ૫૮ મી આકૃતિમાં બોજાને (अ) થી તે (क) સુધી ઉંચો કીધેલો છે અને તેને વધારે ઉંચો કરવાને પેહેલાને ઠેકાણે ઉચ્ચાલન પાછું નીચે આણવું જોઈશે; તથા તે ઉતરે તેટલી વાર ઉચ્ચાલ્યને હરકોઈ બિજી રીતે આધાર આપવો પડશે. એટલામાટે જારે ભારી બોજો જેનો વ્યાપાર થોડી જગામાં થાયછે તેને તેના કરતાં ઓછી શક્તિથી ખસેડવાનો હોયછે તારેજ માત્ર સાધારણ ઉચ્ચાલન કામમાં આવેછે; અને એવે પ્રસંગેજ કાર્ય ઉત્પન્ન કરવાને તે દુરસ્ત પડેછે.

ચક્રની અને આંસની રચના હરકોઈ અંતર ઉપરથી ઉચ્ચાલનનો વ્યાપાર લંબાવવાસારૂ અને તેને નિરંતર રાખવાસારૂ છે: એ યંત્રની અંદર ચક્રસાથે આંસ જડેલો હોયછે, એવી રીતે કે તે પણ તેની સાથે ફરે. તે ચક્રના પરિધ ઉપર ઉચ્ચાલકની યોજના થાયછે, અને જે દોરડું આંસસાથે વીટાયછે તેને છેડે ઉચ્ચાલ્ય લટકાવ્યામાં આવેછે. એ યંત્ર નીચે પ્રમાણે કામમાં આવેછે: આંસ-

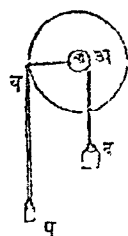
ના બંને છેડાને ક્ષિતિજસમસૂત્ર સ્થિતીમાં આધાર મળેલો હોયછે, અને તેથી તે બર્કું યંત્ર, ચક્ર અને આંસ એ બેઉના સામાન્ય આંસની આસપાસ વગર હરકતે ફરેછે: પેહેલાં ચક્રને તેના ઉપર કાંઇએક બળ લગાડીને ફેરવેછે, અને તેથી કરીને આંસ પણ તેની સાથે ફરેછે; એ કાર્ય પ્રાયઃ ચક્ર ઉપર ફરતું દોરડું રાખ્યાથી અને તેને ચક્રના પરિધના હરકોઈ સ્થળે બાંધ્યાથી સિદ્ધ થાયછે. બિજું દોરડું આંસને એવી રીતે બાંધેલું હોયછે કે જાંહાંસુધી આંસ ચક્રઉપર લગાડેલા બળે કરીને ફરેછે તાંહાંસુધી તે આંસે વીટાયછે. ઉચ્ચાલ્ય જે દોરડું નીચેની તરફ લટકેછે તેને બાંધેલું હોયછે; અને જે બળનો વ્યાપાર ચક્ર ઉપર બનેછે, તે ચક્ર અને આંસ બંનેને ફેરવેછે; માટે આંસે બાંધેલા દોરડાએ કરીને ઉચ્ચાલ્ય પણ ઉપરની તરફ અવશ્ય ખેંચાઈ આવેછે. યંત્રના આ નિરૂપણ ઉપરથી એવું દેખાઈ આવશે કે બે પ્રતિહત બળોનો વ્યાપાર એક બિજાની વિરુદ્ધતામાં થાયછે; તેમાં એક બળ ઉચ્ચાલ્ય, અને તેનું વલણ યંત્રને એક તરફ ફેરવવાનું હોયછે, બિજું ઉચ્ચાલક, તેનું વલણ તેનાથી વિરુદ્ધ માર્ગમાં તેને ફેરવવાનું હોયછે. એ બળોનો વ્યાપાર માંહેના આંસથી એટલે માંહેના સૂત્રથી જુદા જુદા અંતર ઉપર થાયછે; ઉચ્ચાલ્યનો વ્યાપાર આંસની ત્રિજ્યાની લંબાઈ જેટલા અંતર ઉપરથી થાયછે; અને ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર ચક્રની ત્રિજ્યાની લંબાઈ જેટલા અંતર ઉપરથી થાયછે. ૮૯ મી આકૃતિમાં એક ચક્ર અને તેની સાથે જડેલો આંસ બતાવેલો છે, અને

આકૃતિ ૮૯.



તે આંસ ચક્રનીસાથે ફરેછે. ચક્ર ઉપર જે દોરડું વિંટાલેલું છે તેને જો ખેંચિયે અને ચક્ર એકજ આંટો ફરે તો એ સ્પષ્ટ છે કે ચક્રના પરિઘ જેટલું દોરડું ખેંચાશે: પણ જેટલી વારમાં ચક્ર એક આંટો ફરેછે તેટલીજ વારમાં તેની સાથે જડેલો આંસ પણ એકજ આંટો ફરેછે; અને તેટલામાટેજ જે દોરડાએ ઉચ્ચાલ્ય લટકાવેલું છે તે દોરડાનો પણ એકજ આંટો આંસઉપર વીંટાશે, અને ઉચ્ચાલ્ય આંસના પરિઘની બરોબર ઉંચો આવશે. તેટલામાટે ચક્રનો પરિઘ જેવો આંસના પરિઘને છે તેવો ઉચ્ચાલકનો વેગ ઉચ્ચાલ્યના વેગને થશે. ચક્ર આંસ સાથે જેટલું પ્રમાણ રાખેછે તેટલુજ પ્રમાણ જો ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યની સાથે રાખે તો યંત્ર સમતોલમાં રેહેશે; તેટલામાટે એવું જણાયછે કે ચક્રનો વ્યાસ આંસના વ્યાસસાથે જે પ્રમાણ રાખેછે તે પ્રમાણ ઉપરથી યંત્રની શક્તિ કેહેવામાં આવશે. મનમાં આણ કે ચક્રનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે, અને આંસનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, તો ચક્રઉપરના એક ઔંસ વજનનો વ્યાપાર આંસ ઉપરના ૧૨ ઔંસ વજનના વ્યાપારને સમતોલ રાખશે; અને જો લગાર બળ અધિક કીધું તો, તેથી ચક્ર પોતાના આંસસહિત ફરશે અને ઉચ્ચાલ્ય ઉંચો ચઢશે. ચક્ર અને આંસને એક જાતનું અખંડ ઉચ્ચાલન ધાર્યું તો ચાલશે. ૯૦ મી આકૃતીમાં તે

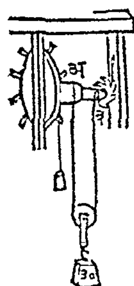
આકૃતિ ૯૦.



યંત્રનું પરિચ્છેદ દેખાડેલું છે, અને ઉચ્ચાલનનો વ્યાપાર શી રીતે થાયછે તે એઉપર દેખાયછે. (अ) થી તે (व) સુધી યંત્રની આરપાર જે લિટી જાયછે તે ઉચ્ચાલન દેખાડેછે, અને તે ઉચ્ચાલનનું ચલન મધ્ય (क) છેઃ (अ व) દોરડા ઉપર જે (व) ઉચ્ચાલ્ય લટકેછે તે આંસની (क अ) ત્રિજ્યા જેટલું દૂર છે; અને (व प) દોરડાઉપર (प) ઉચ્ચાલક લટકેછે તે ચક્રની (क व) ત્રિજ્યા જેટલું દૂર છે; ઉચ્ચાલનનો લાંબો ભાગ ચક્રના વ્યાસનું અર્ધ છે, અને ટુંકો ભાગ આંસના વ્યાસનું અર્ધ છે: તેટલામાટે ઉચ્ચાલનના મૂળ તત્વ પ્રમાણે આપણે ઉચ્ચાલ્યને ટેકાથી તે ઉચ્ચાલ્યસુધીના અંતરે એટલે આંસના વ્યાસના અર્ધે ગુણવું જોઇએ, અને વળી ઉચ્ચાલકને તેજ બિંદૂથી તે ઉચ્ચાલકસુધીના અંતરે એટલે ચક્રના વ્યાસના અર્ધે ગુણવું જોઇએ, અને જો એ બંને ગુણાકાર બરોબરે આવશે તો ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યને સમતોલ રાખશે. એઉપરથી એ સ્પષ્ટ જણાયછે કે-ચક્ર જેમ જેમ મોટું હોશે, અને આંસ જેમ જેમ નાહાનો હોશે, તેમ તેમ એ યંત્રની શક્તિ વધારે થતી જશે; પણ તેપ્રમાણે ઉચ્ચાલ્ય ધિમું ધિમું ઉંચું ચઢશે. ઉપર કહ્યું તેઉપરથી એ નિકળેછે કે ચક્ર અને આંસની યાંત્રિક શક્તિ વધારવાના બે રસ્તા છે, તે એ કે જોઇએ તો આંસની ત્રિજ્યા ઘટાડવી, અથવા ચક્રની ત્રિજ્યા વધારવી, પણ જારે આ સિદ્ધાંતને વ્યવહારના કામમાં લગા-

ડીશું, તારે એવું માલમ પડી આવશે કે જો ઉચ્ચાલક કરતાં ઉચ્ચાલ્ય ઘણુંજ ભારી હશે, તો આંસ એવો તો પાતળો કરવો પડશે કે ઉચ્ચાલ્ય તેને આધારે રહી શકશે નહીં; અથવા ચક્રની ત્રિજ્યા એવડી તો મોટી કરવી પડશે કે યંત્ર ઘણુંજ મોટું થઈ જશે, કારણ કે તેવું થયાથી અડચણ પડે એવી મોટી જગામાં ઉચ્ચાલક-નો વ્યાપાર ચાલશે. અડચણ ન પડે એટલું મહત્વ રેહે, તથા મોટી યાંત્રિક શક્તિ ઉત્પન્ન થાય, અને વળી તેમ થવાને આંસ જોઇએ એટલો મજબૂત રેહે, એ કાર્ય આંસના જુદા જુદા ભાગ જુદી જુદી લંબાઈના રાખ્યા-થી સિદ્ધ થાયછે. એ યુક્તિ ૯૧ મી આકૃતિમાં દેખા-ડેલી છે. (અબ) આંસના બે ભાગ છે, તેમધ્યે એક ભાગના વ્યાસકરતાં બિજા ભાગનો વ્યાસ નાહાનો છે. જે દોરડું પાતળા ભાગઉપર વીંટલાએલું છે તે, જે ચક્ર ઉપર ઉચ્ચાલ્ય લટકાવેલું છે તેમાંથી જઇને જાડા ભાગઉપર વિ-રુદ્ધ માર્ગમાં વીંટાયછે. જાડા ભાગ ઉપર દોરડું વીંટાય એવી રીતે આંસને ફેરવ્યો તો પાતળા ભાગઉપરથી તે અ-વશ્ય ઉકલી જશે, અને ચક્રના પ્રત્યેક ફરવાના આંટાએ જાડા ભાગના પરિઘની બરોબર દોરડું ઉપર ખેંચાતું જશે, તથા તેજ સમયે પાતળા ભાગના પરિઘની બરોબર એક તરફથી ઉકલતું પણ જશે. તેટલામાટે યંત્ર એક આંટો ફર્યાથી જાંહાં ઉચ્ચાલ્ય લટકાવેલું છે તાંહાંસુધીનો દોર-

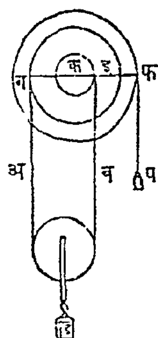
આકૃતિ ૯૧.



ડાનો ભાગ, આંસનો જાડો અને પાતળો એ બને ભાગના પરિધની બાદબાકી બરોબર ટુંકો થશે.

પાસેની ૯૨ મી આકૃતીમાં એ યંત્રનું પરિચ્છેદ દેખાડેલું છે. એ સ્પષ્ટ છે કે (ड) ઉચ્ચાલ્યને દોરડાના (अ) અને (व) બંને ભાગનો આધાર બરોબર મળેલો છે, કેમકે ઉચ્ચાલ્યના અર્ધ બરોબરના બળે કરીને પ્રત્યેક ભાગ ખેંચાયલા છે, અને મોટા વર્તુલે જે દોરડું વીંટલાયલું છે તેની સાથે ઉચ્ચાલિક બાંધ્યું છે, તેણે કરીને જારે યંત્ર ફરેછે તારે આંસના નાહાના ભાગઉપરથી મોટા ભાગઉપર દોરડું જાયછે. (इ) અને (फ) આગળના બળોનો વ્યાપાર મધ્યની એકજ બાજુએ થાયછે માટે, એ ખુલ્લું છે કે (ग) સ્થળે જે બળનો વ્યાપાર થાયછે તેને તેઓ બંને મળીને આધાર આપશે; અને (ड) ઉચ્ચાલ્યની તાણને દોરડાના (अ) અને (व) બંને ભાગનો બરોબર આધાર મળેલો છે, માટે (इ) સ્થળ આગળ જે બળનો વ્યાપાર થાયછે તે (ग) સ્થળ આગળના બળની બરોબર છે; અને (क इ) અંતરે તેનો વ્યાપાર બનેછે તે જો (क ग) અંતરની બરોબર હોત તો (प) ની મદદવિના તેને તે ધારણ કરી રેહેત. ઉચ્ચાલનના મૂળ તત્વ પ્રમાણે જોતાં (प) અને (इ) નું વેગમાન (ग) ના વેગમાનની બરોબર થવું જોઇએ, તેટલામાટે જો (प) ને ચક્રની ત્રિજ્યાએ ગુણીને તેમાં,

આકૃતિ ૯૨.



ઉચ્ચાલ્યના અર્ધને આંસના પાતળા ભાગની ત્રિજ્યાએ ગુણીને તે ગુણાકાર મેળવવિયે તો તે સંવાળો, અર્ધા ઉચ્ચાલ્યને આંસના જાડા ભાગની ત્રિજ્યાએ ગુણિયે તેની બરોબર થશે. એથી એવું જણાઈ આવેછે કે ઉચ્ચાલકને ચક્રની ત્રિજ્યાએ ગુણિયે (કેમકે એટલા અંતરના ઉચ્ચાલન ઉપરથી તેનો વ્યાપાર થાયછે) તે ગુણાકાર અર્ધ ઉચ્ચાલ્યને આંસના જાડા અને પાતળા બંને ભાગની ત્રિજ્યાની બાદબાકીએ ગુણિયે તેની બરોબર છે.

(गअ) (इव) કરતાં મધ્યથી વધારે અંતર ઉપર છે, માટે (फ) આગળના બળથી જો તેને અટકાવ નહીં મળે તો તે પ્રબળ થશે: અને જેમ જેમ (क) થી તે (ग) સુધીનું અને (क) થી તે (इ) સુધીનું અંતર પાસે પાસે થતું જશે તેમ તેમ ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપવાને (फ)આગળ ઓછું બળ જોઈશું. જો આ રચનાને ઉચ્ચાલન પ્રમાણે ધારિયે તો (कग) બાજુ ઉપરનું વેગમાન (कइ) ને અર્ધ ઉચ્ચાલ્યથી ગુણિયે તેની બરોબર છે, અને એ વેગમાન (कग) બાજુ ઉપરના વેગમાનને પ્રતિરોધ કરનારૂં છે. (कग) બાજુ ઉપરનું વેગમાન (कइ) બાજુ ઉપરના વેગમાન કરતાં વધારે છે, માટે તે બંનેના અંતર જેટલા વેગમાનનો (फ) આગળના હરકોઈ (प) ઉચ્ચાલકે કરીને પ્રતિકાર થવો જોઈએ. મનમાં આણ કે (कग) ચાર ઇંચ (कइ) ત્રણ ઇંચ; અને (कफ) દશ ઇંચ છે, અને (ड) નું વજન ૪૦૦ શેર છે; તેટલામાટે દોરડાના પ્રત્યેક ભાગઉપર ૨૦૦ શેરનો ભાર પડશે. ઉચ્ચાલનના મૂળ તત્વ પ્રમાણે જોતાં

(कग) બાજુ ઉપરના (ग) નું વેગમાન, ૨૦૦ શેરને એટલે (ड) ઉચ્ચાલ્યના અર્ધને, ચારે એટલે ટેકાથી તેના અંતરે ગુણિયે તે ગુણાકારની બરોબર અથવા ૮૦૦ ની બરોબર છે, અને (कइ) બાજુ ઉપરના (इ) નું વેગમાન (૨૦૦×૩) અથવા ૬૦૦ ની બરોબર છે; તેટલા-માટે બેઉના વેગમાનોનો તફાવત જે (फ) આગળના બળે કરીને પ્રતિરોધ કરવાનો છે, તે ૨૦૦ છે. (फ) આગળ કેટલું વજન લગાડવું જોઇએ તે શોધી કાહાડવાસારૂ આપણે, જે ૨૦૦ શેરને આધાર આપવો છે તેને (फक) નું અંતર જે દશ ઇંચ ધારેલું છે તેણે વતી ભાગવાં જોઇએ; હવે બસેંને દશે વતી ભાગ્યાથી ભાગાકાર ૨૦ આવેછે, માટે એ યંત્રના આશ્રયથી ૨૦ શેરનું (प) ઉચ્ચાલક ૪૦૦ શેરના (ड) ઉચ્ચાલ્યને સમતોલ રાખશે.

ઘણી એક વાર ઉચ્ચાલકની ક્રિયા રહી રહીને બંધ પડેછે, એવું થયાથી ઉચ્ચાલ્ય ઉતાવળેથી નીચે ઉતરેછે, અને તેથી કરીને તેને ચઢાવતાં જે નફો થયો હોયછે તે ફોકટ જાયછે: એ અડચણ દૂર કરવામાટે એક વાંકા ઠોઇયાનું ચક્ર કરીને તેને આંસસાથે જડી લીધેલું હોયછે. (પાછળની ૯૧ મી આકૃતિ જો). એ ચક્રને દાંતા હોયછે, અને તે બધા એક બાજુતરફ વાંકા વાળેલા હોયછે. વળી એક આંકડો જેનો વ્યાપાર ટેકાઉપર થાયછે, તે ચક્રના દાંતાની વચ્ચે આવીને પડેછે. જારે આંસ ફરેછે તારે તેની સાથે તે દાંતાવાળું ચક્ર પણ ફરેછે, અને જારે ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર બંધ પડેછે તારે, તે આંકડો

દાંતાઓની વચ્ચે આવેછે તેથી આંસનું પાછું ફરવું બંધ પડેછે. આ યુક્તિએ કરીને તેના પ્રથમના કાર્યની અસર કાયમ રેહેછે, તથા ઉચ્ચાલન મરજીમાં આવે તેટલી વારસુધી ખસેડાયછે.

ચક્ર અને આંસના ઉપરનો બયાનથી આ લાગલું માલમ પડી આવશે કે, (વરચ્યુઅલ વિલોસિટીનો એટલે) ગુણદ્વેગના બીજનો નિયમ, જેનું પાછળ વર્ણન કીધું છે, તે ઉચ્ચાલન પ્રમાણેજ આ યંત્રને લાગુ પડેછે; તેટલામાટે "જો બે બળો ચક્ર અને આંસ ઉપર એક બિજાને સમતોલ રાખે, અને તે બહું યંત્ર ગતિયુક્ત રેહે, તો તે બળોને તેઓ જે જે પ્રદેશમાં ફરેછે તેણે વતી ગુણ્યા, તો તે ગુણાકાર બરોબર થશે."

મનમાં આણ કે ૮૯ મી આકૃતિમાં જે નાહાનું વજન ચક્રના પરિધે લટકાવેલું છે, તે આંસના પરિધે લટકાવેલા મોટા વજનને આધાર આપેછે; તારે ચક્રની ત્રિજ્યા અથવા પરિધ, આંસની ત્રિજ્યા અથવા પરિધ સાથે જેટલું પ્રમાણ રાખેછે તેટલુંજ પ્રમાણ નાહાનું વજન મોટા વજન સાથે રાખશે: જો ચક્રને અને આંસને એક એક આંટો ફેરવિયે તો નાહાનું વજન ચક્રના પરિધબરોબર નીચે ઉતરશે અને મોટું વજન આંસના પરિધબરોબરનો પ્રદેશ ઉંચો ચઢશે; અને એ બંને વજનો જે પ્રમાણમાં છે તેજ પ્રમાણમાં તે બંને પ્રદેશ પણ છે, માટે નાહાનું વજન જેટલા અતરમાંથી ફરેછે તેણે એટલે ચક્રના પરિધે ગુણ્યું તો તે ગુણાકાર, મોટા વજનને તેને ફર-

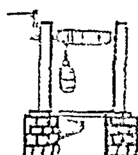
વાની જગોમાંહેના અંતરે એટલે આંસનાં પરિઘે ગુણિયે તે ગુણાકારની બરોબર થશે.

જે ઠેકાણે આંસનો એક ભાગ બિજા ભાગકરતાં જાડો હોયછે તાંહાં પણ એજ મૂળ તત્વ લાગુ પડેછે. (૯૧ મી આકૃતિ જો) જો ચક્રનો એકજ આંટો ફેરવ્યો તો આંસનો (अ) જાડો ભાગ અને (व) પાતળો ભાગ એ બંને પણ એકેક આંટોજ ફરશે; અને દોરડાનો એક ભાગ આંસના જાડા છેડાઉપર વીંટાયછે.

એટલામાં બિજો ભાગ પાતળા છેડા ઉપરથી ઉકલતો જાયછે, અને તેટલામાટે દોરડાનો એક છેડો આંસના જાડા ભાગના પરિઘ બરોબર ટુંકો થતો જશે, અને બિજો છેડો પાતળા ભાગના પરિઘ બરોબર લાંબો થતો જશે; અને આખું દોરડું જાડા અને પાતળા બંને આંસના પરિઘની બાદબાકી બરોબર ટુંકું થશે; તેટલામાટે ઉચ્ચાલ્ય તે બાદબાકીના અર્ધ બરોબર ઉંચું ચઢશે. એ ઉપરથી એવો નિશ્ચય થાયછે કે જે પ્રદેશમાં ઉચ્ચાલક ગમન કરેછે તે પ્રદેશ જેમ ઉચ્ચાલ્ય ગમન કરેછે તે પ્રદેશને છે, તેમ ચક્રની ત્રિજ્યા જાડા અને પાતળા બેઉ આંસની બાદબાકીના અર્ધને છે, અથવા ચક્રની ત્રિજ્યાની બમણાઈ બંને આંસની ત્રિજ્યાની બાદબાકીને છે; તેટલામાટે ઉચ્ચાલકને જે પ્રદેશમાં તે ગમન કરેછે તેણે વતી ગુણિયે તે ગુણાકાર, જો ઉચ્ચાલ્યને જે પ્રદેશમાં તે ગમન કરેછે તે પ્રદેશે વતી ગુણ્યું તેની બરોબર થાય, તો ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય એક બિજાને સમતોલ રાખશે.

ઉચ્ચાલકની યોજના ચક્રઉપર નાના પ્રકારે થાયછે. કોઈ વખત ચક્રની જગોએ આંસને છેડે એક લોહોડાનો હાથો જડેલો હોયછે. તેનો વ્યાપાર ઉચ્ચાલન પ્રમાણે બનેછે; અને તેના વર્તુલાકાર ગમને કરીને ૯૩ મી

આકૃતિ ૯૩.



આકૃતિ પ્રમાણે ચક્રની ગરજ સરેછે. એ યંત્રે કરીને કુવામાંનું પાણી ડોલે વતી ઉપર અણાયછે. ઉંડા કુવાને લીધે ઘણીએક વાર એવું બની આવેછે કે આંસની લંબાઈ ઉપર એક-કરતાં વધારે વાર ઉપરાછાપરી દોરડું વીટાલવું પડેછે. એવે પ્રસંગે એવું માલમ પડશે કે જેમ જેમ ડોલ કુવાના મથાળાની પાસે આવતી જશે, તેમ તેમ હાથને ફેરવવાની મેહેનત વધતી જશે; કેમકે ચક્રનો પરિધ આંસના પરિધકરતાં જેટલાગણો મોટો હોયછે તેટલુંજ પ્રમાણ જે નફો થાયછે તે ઉચ્ચાલ્યસાથે રાખેછે, તેથી એ સ્પષ્ટ છે કે જારે દોરડું બિજી વાર ઉપરાછાપરી આંસ ઉપર વીટાયછે તારે ચક્રના અને આંસના પરિઘનું અંતર ઓછું થતું જાયછે; અને તેટલામાટે આંસની આખી લંબાઈ ઉપર દોરડાના આંટાના થર ઉપરાછાપરી આવતા જાયછે તેમ પ્રત્યેક ફેરે પ્રથમ કરતાં ઓછો ઓછો નફો થતો જાયછે.

કોઈ કોઈ વાર ચક્રના પરિધઉપર સરખે અંતરે દાંડા રાખ્યામાં આવેછે, અને તેજ દાંડાઉપર ઉચ્ચાલકને સ્થાને હાથની યોજના કર્યામાં આવેછે. (૮૯ મી આકૃતિ જો.) વાહાણના સુકાનને ફેરવવાને જે ચક્રનો ઉપયોગ

થાયછે તેઉપરથી ઉચ્ચાલકને યોજના કરવાની આ રીતિ સમજાયછે. વિંડલાસમાં આંસ ક્ષિતિજસમસૂત્ર હોયછે; પણ ડવર એટલે લંગર ઉપાડવાના યંત્રમાં લંબરૂપ હોયછે. આંસને ડવરમાં લંબરૂપ રાખવાથી જે હિત છે તે ઘણું ખુલ્લું છે. લાંબા ઉચ્ચાલનોનો સમુદાય આંસઉપર ફરતો સરખે અંતરે ભેરવેલો હોયછે; તે પ્રત્યેક ઉચ્ચાલનને એક અથવા વધારે ખલાસિઓ એકી વખતે આંસની આસપાસ ફરતા જઈને પોતાની આગળની તરફ ફેરવેછે: પછી જેમ જેમ તે ઉચ્ચાલનો આસપાસ ફરતાં જાયછે તેમ તેમ લંબરૂપ આંસ પણ તેઓની સાથે આસપાસ ફરતો જાયછે, અને તેથી દોરડું આંસે વિંટાતું જાયછે, અને ઉચ્ચાલ્ય આંસની તરફ ખેંચાતું ચાલ્યું આવેછે.

આકૃતિ ૯૪.



વાહાણોમાં લંગરોને ખેંચવાસારૂ મુખ્યત્વે કરીને ડવર કામમાં આવેછે: અને જારે તેનું કાંઈ કામ હોતું નથી તારે જે દાંડાઓ ભેરવેલા હોયછે તેને કાહાડી લાખીને બાજુએ મુકેછે.

ચક્ર અને આંસની શક્તીનો જે રીતે નિશ્ચય થાયછે, તેજ રીતે આ યંત્રની શક્તિ ગણવામાં આવેછે; એટલે ચક્રની ત્રિજ્યા, (જે આ ઠેકાણે આંસની જાડાઇનું અર્ધ વત્તા દાંડાની લંબાઈ છે,) જેમ આંસની ત્રિજ્યાને છે, તેમ તેમાંના એક દાંડાના છેડાઉપર માણસ પોતાની શક્તિ લગાડવાથી જેટલા વજનને ધારણ કરી રાખેછે

તે વજન, તે માણુસ જેટલી શકતીની યોજના કરેછે તે શકતીને છે.

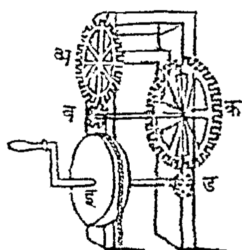
મનમાં આણ કે ૨૦૦૦૦ શેરની એક ગદા ઉંચકવાની છે અને ૧૦ ડવર તેની આસપાસ મુક્યાં છે, તથા તે માહેના એકેક ડવરને દશ દશ દાંડા છે, અને એક એક દાંડાઉપર એક એક માણુસ બળ લગાડેછે. એવું ધાર કે આંસની ત્રિજ્યા છ છ ઇંચિ અને પ્રત્યેક દાંડાની લંબાઈ સાડાપાંચ ફુટ છે, તથા પ્રત્યેક માણુસનું જોર ૨૦૦ શેર જેટલું છે. એક દાંડાની લંબાઈ જે સાડાપાંચ ફુટ છે તેને જો આંસની ત્રિજ્યા જે છ ઇંચિ છે તેની સાથે મેળવી તો સરવાળો છ ફુટ થાયછે, અને તેટલી આ ઠેકાણે ચક્રની ત્રિજ્યા થશે. માટે આંસની ત્રિજ્યા જે છ ઇંચિ છે તે જેમ ચક્રની ત્રિજ્યા જે ૭૨ ઇંચિ છે તેને અથવા ૧ : ૧૨ ને તેમ એક માણુસનું બળ, આ યંત્રના એક દાંડાની સહાયતાથી તે માણુસ જે વજનને આધાર આપી શકશે તે વજનને થશે; તેટલામાટે, ૧ : ૧૨ :: ૨૦૦ શેર : એક માણુસ જેટલા વજનને આધાર આપેછે તે. વજનને થશે. એટલે ૨૪૦૦ શેરને. હવે એક એક ડવરને દશ દશ દાંડા એવાં દશ ડવર છે માટે ૨૪૦૦ ને જો ૧૦૦ એ વતી ગુણ્યા તો ગુણાકાર ૨૪૦૦૦૦ એટલે જે ગદા ઉંચકવાની છે તેના વજન કરતાં વધારે થાયછે. મુખ્યત્વે કરીને ડવરના સમુદાયની મદદથી ડોમિનિકો ફોન્ટાના નામના એક મોટા ઇતાલિયન કારીગરે, એક મોટો મનારો જે રોમ શેહેરના સેંટ પિટર્સ નામના દે-

વલથી આગળની તરફની અગાસીની નીચે મધ્ય ભાગે હતો તે અસેડ્યો હતો; તે મનારો તોલમાં ૩૫૦૦૦ મણની પાસે પાસે હતો.

આપણે પાછળ જણાવ્યું છે કે જો ચક્ર અને આંસની માંહે ઉચ્ચાલ્ય ઉચ્ચાલક કરતાં ઘણુંજ ભારે હોય તો આંસ ભાગી પડે તાંહાંસુધી પાતળો કરવો પડશે, અથવા ચક્રને બેસુતમ મોટું કરવું પડશે; તેટલામાટે જારે ઘણી શક્તીની જરૂર હોયછે તારે મિશ્ર ઉચ્ચાલન પ્રમાણે ચક્રો અને આંસો એક બિજા સાથે જોડ્યામાં આવેછે, અને યાંત્રિક શક્તિ ગણવાની રીતિ પણ મિશ્ર ઉચ્ચાલન પ્રમાણેજ છે.

મિશ્ર ચક્રના યંત્રમાં ઉચ્ચાલકની યોજના પેહેલા ચક્રના પરિધઉપર કીધામાં આવેછે, અને તેણે કરીને તે ઉચ્ચાલકની અસર તેના આંસના પરિધઉપર થાયછે. ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપવા સારૂ આંસને જેટલો જોઇએ તેટલો મજબુત અને જાડો રાખીને તેનાવાળા ચક્રની ત્રિજ્યા સુતર માલમ પડે એટલી રાખેછે, તથા ચક્રના પરિઘઉપર ૯૫ મી આકૃતિ પ્રમાણે દાંતા પાડેલા હોયછે. એક નાહાનું ચક્ર જેને ઇંગ્રેજીમાં પિન્યેન કેહેછે તેના ઉપર ફરે એવી રીતે એ ચક્રને મુકેલું હોયછે; એ નાહાનું ચક્ર પણ બિજા આંસ સાથે જડેલું હોયછે અને તે એવી રીતે મુકેલું છે કે, જારે નાહાનું અને મોટું બંને ચક્ર ફરેછે તારે તે બંનેના દાંતા એક બિજાને પકડી લેછે. આ બિજા આંસના છેડાઉપર એક મોટું ચક્ર વળગાડેલું હોયછે, અને તેના પરિઘઉપર પણ

આકૃતિ ૯૫.



દાંતા પાડેલા હોયછે; અને એ મોટા ચક્રની નીચે એક બિજું પિન્યન મુકેલું હોયછે અને તે બિજા આંસસાથે જડેલું હોયછે. એ આંસના બિજા છેડાઉપર બિજું મોટું ચક્ર જડેલું હોયછે, અને જે બળ આખા યંત્રને ફેરવેછે તેની યોજના તેના ઉપર કીધી હોયછે. પાસેની આકૃતિમાં આ બધાં ચક્રો દેખાડેલાં છે. આ ચક્રો અને પિન્યનોના સંયોગમાં લાંબા સતત ઉચ્ચાલનનો વ્યાપાર ટુંકા સતત ઉચ્ચાલનની વિરુદ્ધતામાં થાયછે, અને તેથી સારી પેઠે યાંત્રિક ફળ પ્રાપ્ત થાયછે. પેહેલા ચક્રની ત્રિજ્યા વધાર્યાથી જે કાર્ય ઉત્પન્ન થાત તે કાર્ય આ સંયોગથી ઉત્પન્ન થાયછે; પણ એ ખોલ્લું છે કે એ સંયોગ તેના કરતાં ઘણોજ સૂતરો પડેછે અને સેહેલથી થાયછેઃ ચક્ર અને આંસની ઉપરપ્રમાણે યોજના થઈ હોયછે તારે એ આખા યંત્રની શક્તિ તેની માંહે જેટલાં ચક્રો હોયછે તે બધાંની જુદી જુદી શક્તીઓને એકઠી ગુણ્યાથી માલમ પડી આવેછે. દર એક ચક્રના પરિધનું અથવા વ્યાસનું તેના આંસના પરિધ અથવા વ્યાસસાથે જે પ્રમાણ હોયછે, તે પ્રમાણ અંક ઉપરથી એ શક્તિ પ્રાયઃ ગણાયછે. મનમાં આણ કે ૪૦ શેરના ઉચ્ચાલકે કરીને ૪૩૨૦ શેરના ઉચ્ચાલ્યને આધાર આ-

પવાનો છે; હવે એ ઠેકાણે ૧૦૮:૧ ને, એ પ્રમાણમાં ઉચ્ચાલ્ય ઉચ્ચાલકને છે. વળી ધાર કે આંસનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે તથા તે ભાગી નહીં પડે એવા ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપે એવો મજબુત છે. હવે જો આપણે આ ઉપર કહેલા ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપવાને એકજ ચક્રનો ઉપયોગ કરિયે તો આપણને એવું માલમ પડી આવશે કે તે ઉચ્ચાલ્યને ધારણ કરી રાખવાસારૂ ૮ ઇંચ વ્યાસના આંસને ૭૨ ફુટ, અથવા ૮૬૪ ઇંચના વ્યાસનું ચક્ર જોઇશું.* પણ એવું યંત્ર પુષ્કળ મોટું અને અડચણ ભરેલું થશે તેટલામાટે મિશ્ર ચક્રનો ઉપયોગ કરવો જોઇએ.

આપણે એ અગાઉ નિરૂપણ કીધું છે કે જો ઉચ્ચાલક એકની બરોબર અને તેનો વેગ ૨૦ ની બરોબર હશે, તથા ઉચ્ચાલ્ય ૨૦ની બરોબર અને તેનો વેગ ૧ ની બરોબર હશે, તો ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય એક બિજાને અરસ્પરસ ધારણ કરી રેહેશે. તેટલામાટે એ મિશ્ર ચક્રની મદદથી ઉચ્ચાલકના વેગની એટલી વૃદ્ધિ કીધી કે જો તેને તેના વજનને ગુણિયે અને જે ગુણાકાર આવે તે, ઉચ્ચાલ્યના વેગને ઉચ્ચાલ્યથી ગુણિયે તેની

---

* ઉચ્ચાલ્ય જે ૧૦૮ શેર જેટલું છે તેને જો આંસના વ્યાસે એટલે આઠે ગુણ્યું, તો ગુણાકાર ૮૬૪ થાયછે; તેટલામાટે એને સમતોલ રાખવાસારૂ ચક્રનો વ્યાસ ૮૬૪ ઇંચ જોઇએ, કેમકે ૮૬૪ ને ઉચ્ચાલકે એટલે એકે ગુણ્યા તો ગુણાકાર ૮૬૪ થશે.

બરોબર થાય તો યંત્રમાં યોજના કીધેલું ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપશે. એજ આકૃતિમાં ધાર કે સઉથી ઉપરનું ચક્ર (अ) છે અને તેની નીચે પિન્યન (ब) છે, બિજું ચક્ર (क) છે અને તેની નીચેનું પિન્યન (ड) છે, તથા ત્રિજું ચક્ર (इ) છે. ધાર કે (अ) ચક્રની ત્રિજ્યા ૧૨ ઇંચની અથવા તેનો વ્યાસ ૨૪ ઇંચનો છે, અને તેના આંસની ત્રિજ્યા ૪ ઇંચની છે; જો (अ) ચક્રના પરિધઉપર ઉચ્ચાલકની યોજના કીધી, તો જેમ ચક્રની ત્રિજ્યા આંસની ત્રિજ્યાને છે, તેમ ઉચ્ચાલકનો વેગ ઉચ્ચાલ્યના વેગને થશે—એટલે, ૧૨, જેમ ૪ ને, અથવા ૩, જેમ ૧ ને. વળી ધાર કે (ब) પિન્યનની ત્રિજ્યા ૨ ઇંચ છે, અને તેને ૧૨ દાંતા છે, અને મોટા (अ) ચક્રને ૭૨ દાંતા છે; તેટલામાટે તેઓનું પ્રમાણ ૧ જેમ ૬ ને એ પ્રમાણે થશે. મનમાં આણ કે (क) ચક્રની ત્રિજ્યા અને દાંતાઓ (अ) ચક્રની બરોબર છે. હવે ઉચ્ચાલ્યનો વ્યાપાર (अ) ચક્રના આંસઉપર બનેછે એવું ધાર્યાથી તે ચક્રનો પરિધ જે વેગે ફરશે તે વેગ જેમ આંસના વેગને તેમ ૩: ૧ ને થશે, કેમકે ચક્રની ત્રિજ્યા ૧૨ ઇંચ અને આંસની ત્રિજ્યા ૪ ઇંચ છે. જેમ જેમ તેના દાંતા ફરતા જાયછે તેમ તેમ તેઓ (ब) પિન્યનના દાંતામાં ભેરવાતા જાયછે, અને પોતાના જેટલા વેગે કરીને—એટલે. ઉચ્ચાલ્ય કરતાં ત્રણગણું ઉતાવળે તે પિન્યનને ફેરવેછે. (ब) ચક્રના ફરવાથી તેની સાથે તેનો આંસ અને (क) ચક્ર પણ ફરેછે; અને (क) ચક્રની ત્રિજ્યા (ब) ચક્રની

ત્રિજ્યાને છે જેમ ૬: ૧ ને તેથી તેના પરિધનો વેગ, અને તેટલામાટે તેના ઉપર જે ઉચ્ચાલક ધારેલું છે તેનો વેગ પણ (व) ચક્રના વેગને થશે, જેમ ૬: ૧ ને છે. પણ (व) પિન્યન ઉચ્ચાલ્ય કરતાં ત્રણગણું ઉતાવળું ફરેછે, અને (क) ચક્ર (व) કરતાં છ ગણું મોટું છે, તેથી (क) ચક્ર ઉપરના ઉચ્ચાલકનો વેગ તે ઉચ્ચાલ્યના વેગ કરતાં ૧૮ ગણો વધારે થશે. હવે આપણે ધારો કે (इ) ચક્રના પરિધઉપર ઉચ્ચાલકની યોજના કીધી છે, તથા (ड) પિન્યનને તેના જેટલાજ દાંતાં છે અને તેની ત્રિજ્યા પણ તેટલીજ છે, તથા (इ) ચક્રની ત્રિજ્યા (क) અને (अ) ચક્રની ત્રિજ્યા બરોબર છે; હવે (क) ચક્રના દાંતા (ड) પિન્યનના દાંતામાં ભરાઈને તેને પોતા જેટલા વેગથી ફેરવેછે તેથી કરીને, (इ) ચક્ર પણ તેની ત્રિજ્યા પિન્યનની ત્રિજ્યા કરતાં જેટલા ગણી વધારે છે, તેટલા ગણા તેના કરતાં વધારે વેગથી એટલે છ ગણા વેગથી ફરશે. આપણે ઉપર દેખાડેલું છે કે (ड) પિન્યનનો વેગ ઉચ્ચાલ્ય કરતાં ૧૮ ગણો વધારે છે, અને (इ) ચક્રના પરિધઉપરના ઉચ્ચાલકનો વેગ એના કરતાં છ ગણો વધારે છે, તેટલામાટે એ વેગ ઉચ્ચાલ્યના વેગને થશે જેમ ૬×૧૮: ૧ ને—એટલે ૧૦૮: જેમ ૧ ને. માટે એઉપરથી એવું નિકળી આવેછે કે, જે ઉચ્ચાલકનું માન ૧ છે તેનો વેગ ૧૦૮ છે; અને જે ઉચ્ચાલ્યનું માન ૧૦૮ છે તેનો વેગ ૧ છે; એ ઉપરથી એવો નિર્ણય કીધામાં આવેછે કે ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્યના

વેગમાન બરોબર છે, અને તેટલામાટે તેઓ અરસ્પરસ એક બિજાને ધારણ કરી રાખશે.

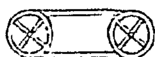
એક ચક્રની ગતિ બિજા ચક્રને વિશે સમાનતાથી લઈ જવાસારૂ, જારે દાંતાના જોરથી એક ચક્રનો વ્યાપાર બિજા ચક્ર ઉપર બનેછે; તારે દાંતાઓ એવી રીતે કરવા જોઇએ કે તેઓ એક બિજા ઉપર સફાઈથી ફરે; એ પણ અવશ્ય છે કે દાંતાઓની બરોબર ગોઠવણી ઉપર સારી પેઠે ધ્યાન રાખવું, કેમકે નહીં તો તે બેસતા આવશે નહીં અને એક બિજાને ભાંગી નાખશે.

ચક્ર અને પિન્યનની રચનામાં એ સ્પષ્ટ છે કે ચક્રને જે પિન્યન ફેરવેછે તે ચક્ર કરતાં ઘણા વધારે આંટા ફરેછે; અને ચક્રની એક પ્રદક્ષિણા થાયછે તેટલામાં તેની સાથે પિન્યનની કેટલી પ્રદક્ષિણા થાયછે તે પ્રત્યેકના દાંતાની સંખ્યા ઉપરથી જાણ્યામાં આવેછે. જો મોટા ચક્રને ૧૦૦ દાંતા હોય અને નાહાનાને માત્ર ૧૦ હોય તો, મોટાની એક પ્રદક્ષિણા થશે એટલામાં નાહાનાની ૧૦ થશે. તેટલામાટે જે ચક્ર અને પિન્યનનો એકઠો વ્યાપાર થાયછે તેઓની પ્રદક્ષિણાની સંખ્યા તેઓના દાંતાઓની સંખ્યાના વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં છે.

કોઈ વાર એક ચક્રની ગતિ બિજા ચક્રને વિશે ચામડાના પટાએ કરીને અથવા દોરડાંએ કરીને લઈ જવાએછે; એથકી એ એક મોટો નફો થાયછે કે ચક્રોને એક બિજાથી મરજી પડે એટલાં આઘાં મુકી શકાયછે, તથા એક બિજાથી વિરુદ્ધ અથવા સરખા માર્ગમાં તેઓને ફેરવી શકાયછેઃ પણ જારે બંને ચક્રોને એકઠા કર-

ન્હારે પટો ઘણો લાંબો હોયછે, ત્હારે તેના મધ્ય ભાગ આગળ આધાર હોતો નથી તેથી કરીને તે પોતાને ભારે કરીને ગમનવેળાએ ઝોલા ખાયછે. જે બે ચક્રના વ્યાસ બરોબર છે, એવા એક ઉપરથી બિજા ચક્ર ઉપર પટાએ કરીને શક્તિ શી રીતે લઈ જવાયછે તે પાસેની ૯૬ મી આકૃતિમાં બતાવેલું છે. જેટલી શક્તિ એક ચક્રને વિશે મુકેલી હોયછે તેટલી શક્તિ બિજાને વિશે ઉત્પન્ન થાયછે; અને તેઓ બંનેના વ્યાસ સરખા છે માટે વેગો પણ સરખા થશે, તથા બંને એકજ માર્ગમાં ફરશે.

આકૃતિ ૯૬.



જો એક ચક્રનો વ્યાસ બિજાના કરતાં મોટો હશે તો નાહાનું ચક્ર મોટા કરતાં વધારે આંટા ફરશે. ઉદાહરણ, જો મોટા ચક્રનો વ્યાસ ૯ ઈંચ હશે, અને નાહાનાનો ૩ ઈંચ હશે, તો તે નાહાનું મોટાની એક પ્રદક્ષિણા થાય તાંહાંસુધીમાં ત્રણ આંટા ફરશે.

પાસેની ૯૭ મી આકૃતિમાં જુદા જુદા માર્ગમાં ફરતાં બે ચક્રો બતાવેલાં છે, અને એવા જુદા જુદા માર્ગ મોટા ચક્ર આગળથી નિકળતી વેળાએ પટાને આંટો દીધાથી થાયછે: પટો એવી રીતે નાખ્યાથી બંને ચક્રોની ગતિ એકજ તરફ ન થતાં વિરુદ્ધ માર્ગમાં થાયછે, એ શિવાય એથી બિજો એક નફો થાયછે, તે એ કે પટો વધારે મજબુતીથી અને તંગ રહીને ફરેછે.

આકૃતિ ૯૭.

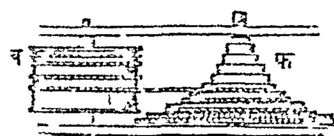


નાહાનાં અને મોટાં ઘડીયાળોમાં માત્ર ગતિ ઉત્પન્ન કરવાસારૂ તથા તે ગતીને બરોબર ચલાવવાસારૂ ચક્ર કામમાં આવેછે, અને એ ઠેકાણે ચક્રોનું કામ કાંઈ વજન ઉંચકવાનું અથવા પ્રતિબંધ દૂર કરવાનું હોતું નથી; વળી જે બળની યોજના થઈ હોયછે તેનું જોર ઓછું વત્તું થાયછે, પણ ચક્રો તો સમાન ગતીએ ફરે એવી રીતે રાખવાં પડેછે. મનમાં આણ કે પાણીદાર ખરા લોહોડાની કમાન જે મળસૂત્રનાં આકારની છે તે ઉચ્ચાલક છે, (આકૃતિ ૯૮), અને તે જેમ જેમ છુટતી જાયછે તેમ તેમ તેનું બળ ઓછું થતું જાયછે, એ ઉપરથી એ સ્પષ્ટ છે કે જારે તે પ્રથમ ઉકલવા માંડેછે તારે તેનું બળ વધારે હોયછે; નીચેના ઉદાહરણમાં ઘડિયાળના સાહિત્યનું વર્ણન કીધું છે, તે ઉપરથી આ અપૂર્ણતા શી રીતે મટાડેલી છે તે માલમ પડશે. મળસૂત્રાકાર ગુંછળી કરીને કમાનને (વ) પીતળની દાબડીમાં મુકેલી હોયછે. ૯૯ મી આકૃતિ જો. કમાનના બાહારના છેડા ઉપરની ચાંપે કરીને તેને દાબડીસાથે જડેલી હોયછે અને મધ્યે રહીને જે આંસ પિતળની દાબડીની આરપાર જાયછે તેની સાથે બિજો કમાનનો છેડો જડેલો હોયછે.

આકૃતિ ૯૮.



આકૃતિ ૯૯.

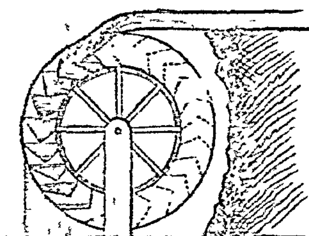


એક જંજીર (व) દાબડીએ વિટાળેલું હોયછે તેનો એક છેડો દાબડી સાથે જડેલો હોયછે તથા બિજો છેડો પીતળના (फ) શંકુએ જડેલો હોયછે; તે શંકુ નીચેની તરફ પોહોળો અને ઉપરની તરફ સાંકડો હોયછે, તથા તેની માંહે એક આંસ હોયછે તેના ઉપર તે આસપાસ ફરી શકેછે. એ શંકુને ઇંગ્રેજીમાં ફ્યુઝી કેહેછે. જારે ફ્યુઝીના મળસૂત્રાકાર આંટા ઉપરથી જંજીર ઉકલેછે તારે (व) દાબડીમાંહેની કમાન પણ ઉકલેછે. જારે આંસને ઘડિયાળની કુંચીએ વતી ફેરવિએ છૈયે તારે દાબડી ઉપરથી જંજીર ખેંચાઈ જઇને ફ્યુઝી ઉપર વિટલાયછે; અને દાબડી ઉપરથી જંજીર જેમ જેમ ઉકલતું જાયછે તેમ તેમ તે દાબડી ફરતી જાયછે, અને તેથી કરીને તે માંહેની કમાન વિટલાતી જાયછે. જારે કમાનનું જોર વધારેમાં વધારે હોયછે તારે ફ્યુઝીના નાહાનામાં નાહાના ભાગ ઉપરથી જંજીર ઉકલેછે, અને તેથી તે વેળાએ તેનો વ્યાપાર નાહાના ઉચ્ચાલને કરીને બનેછે એમ ધાર્યું તો ચાલશેઃ જેમ જેમ ધીમે ધીમે કમાન ઉકલતી જાયછે તેમ તેમ જંજીર ફ્યુઝી ઉપરથી ઉકલીને દાબડી ઉપર વિટાતું જાયછે, તથા તે વેળાએ તેને મોટું ઉચ્ચાલન હાથ લાગેછે, કેમકે તારે તેનો વ્યાપાર જે સ્થળ આગળ થાયછે તે સ્થળ શંકુના પાયાની પાસે હોયછે. એ પ્રમાણે ધીમે ધીમે બળ ઓછું થતું જાયછે તેનું પુરતિઉં ધીમે ધીમે ઉચ્ચાલનની વૃદ્ધિ થયાથી થાયછે; અને તેટલામાટે એ બે વિરુદ્ધ કાર્યથી એક

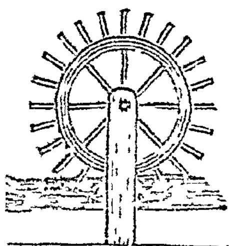
બિજાનો નફો તોટો સમાન થાયછે, અને તેણે કરીને એકસરખો વ્યાપાર જારી રેહેછે.

જળચક્રોમાં, ૧૦૦ મી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે ચક્રના પરિઘઉપર જે ડોલચિઓ ફરતી બાંધેલી હોયછે તેના ઉપર પાણી પડે એવી યુક્તિ કીધેલી હોયછે; અને એ પ્રમાણે રચના થઈ હોયછે તારે યંત્રને ઉર્ધ્વાહત ચક્ર કેહેછે: પંનાળે કરીને પાણી ચક્રના મથાળાની સપાટીઉપર આણેછે, પછી જેમ જેમ પાણી પડેછે તેમ તેમ ડોલચિઓ ભરાયછે અને તેણે કરીને ચક્ર પોતાના ભારથી ફરેછે. કોઈ વેળાએ ૧૦૧ મી આકૃતિ પ્રમાણે પરિઘઉપર પાટીઆં જડેલાં હોયછે તેના ઉપર પાણીનો વ્યાપાર થયાથી તે ફરેછે, અને તારે તે ચક્રને અધરાહત ચક્ર કેહેછે.

આકૃતિ ૧૦૦.



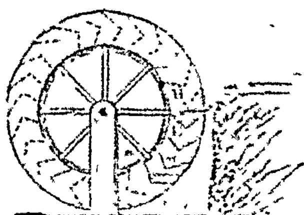
આકૃતિ ૧૦૧.



જારે પાણી ચક્રના મધ્ય બિંદુથી વધારે ઉંચું પોહોંચાડી શકાતું નથી તારે પાર્શ્વાહત ચક્રનો ઉપયોગ કીધામાં આવેછે; અને તેમાં એ બને

મૂળ તત્વોનો વ્યાપાર બનેછે. ૧૦૨ જી આકૃતિ જો.

આકૃતિ ૧૦૨.



મોરી બાંધીને જે પાણી ચક્ર આગળ આણેલું હોયછે, તે પાણીનો પ્રવાહ ચક્રના પરિઘ ઉપર જે ડોલચિઓ બાંધેલી હોયછે તેમાં પડેછે. ડોલચીમાંહેના પાણીના ભારે કરીને તે ચક્ર ફરેછે; અને જારે એ ડોલચિઓ ફરતી ફરતી નીચે આવેછે તારે તેમાંહેનું પાણી ઢોળાઈ જાયછે, અને તે ખાલી બિજી બાજુએ ઉપર ચઢેછે અને તેમાં ફરીથી પાણી ભરાયછે.

જાહાં બરોબર અને એકસરખી ગતીની જરૂર હોતી નથી તે જગોએ માત્ર પવનચક્કી કામમાં આવેછે. તેમાં વાયુનું બળ ઉચ્ચાલકને ઠેકાણે છે, તથા તેનો વ્યાપાર તેના દાંડાના જુદા જુદા ભાગઉપર બનેછે; અને જુદાં જુદાં ચક્રો જેઓને એકજ સાધારણ આંસ હોય તેમના ઉપર જુદાં જુદાં બળોનો વ્યાપાર થતો હોય તે પ્રમાણે દાંડાઓ સમજવા.

ચક્રોને વિશે ગતિ ઉત્પન્ન કરવાને પશુના શરીરના ભારનો અને તેની સ્નાયુના બળનો એકત્ર વ્યાપાર કરવાસારૂ ઘણી ઘણી યુક્તિઓ કીધેલિયો છે. ઘોડો ચક્રની અંદરની બાજુએ પરિઘઉપર ઉભો રહીને ઉપરની તરફ પગલાં માંડેછે, અને ચક્ર નીચે ઉતરતું જાયછે

તેમ તે પોતાની સ્થિતિ જેમ હોયછે તેમ રાખેછે એ, એ વાતનો એક દાખલો છે.

ડક્કાઉપર અને માલની વખારોમાં માલની ગાંસડિઓને ઉંચે ચઢાવવાને અને નીચે ઉતારવાને ચારી કામમાં આવેછે, તે આંસ અને ચક્રનો ઘણો પ્રસિદ્ધ દાખલો છે. જે પ્રમાણે ગોળ પાંજરામાં ખિસ્કોલી કબજ કીધાથી પાંજરૂં ફેરવ્યામાં આવેછે, તે પ્રમાણે અસલ ઘણું ખરૂં ચારીના મોટા ચક્રમાં માણસ ફરતું, અને તેણે કરીને તેને ફેરવતા. એ રીતિ કેવળ ભયંકર હતી એટલુંજ નહીં, પણ એણે કરીને બળ ઘણું નિષ્ફળ જતું હતું; પણ હાલ તો એ રીતિ કેવળ નિકળી ગઈ છે. ઉભાં ચક્ર અને આંસ ઉપર માણસની શક્તીની યોજના કરવાની સઉથી શ્રેષ્ઠ અને ગુણકારક રીતિ એ છે કે, મોટા ચક્રના પરિઘની બાહારની બાજુ ઉપર સાધારણ જળચક્રની પેઠે પાટિઆં જડવાં, અને જે લિટી ચક્રના સીધા (એટલે ક્ષિતિજરેખાનું રૂપ) વ્યાસને દેખાડેછે તેના જેટલી ઉંચાઈ આગળથી તે પાટિઆ ઉપર, માણસ ચાલતી વખત પગ મુકેછે તે પ્રમાણે એક અથવા વધારે માણસ પાસે મુકાવવા, કેમકે તેથી કરીને માણસનો આખો ભાર અને શક્તિ જાંહાંથી તેને ઘણીજ અસર પોંહોંચેછે તે બિંદૂ આગળ કામમાં આવશે. એજ રીતે હાલ કેદીઓ પાસે કુવામાંથી પાણી કહડાવવા માટે ગુજરાતની ઘણી ખરી તુરંગોમાં રેંટો બનાવેલા છે; એવા રેંટોને ઇંગ્રેજીમાં ટ્રેડમિલ્લ કેહેછે.

કોઈ વેળાએ ચક્ર અને આંસનો હેતુ શક્તિ ઉત્પન્ન

કરવાનો હોતો નથી, પણ પુષ્કળ ગતિ ઉત્પન્ન કરવાનો હોયછે; વિલાયતમાં માંસ ભુંજવાના યંત્રમાં જે ચક્ર અને આંસ કામમાં આવેછે તેનો એજ હેતુ હોયછે: તે યંત્રમાં જ્યારે ભારને સેહેલથી ઘણું નીચે ઉતારવાનું હોતું નથી ત્યારેજ માત્ર તેની યોજના કીધામાં આવેછે. એ ઠેકાણે એક ભારે વજન આંસઉપર લટકાવેલું હોયછે, અને ચક્રનો પરિઘ ઘણો મોટો રાખ્યો હોયછે તેથી કરીને, એક વાર બોજાને નીચે ઉતારવાને જેટલું દોરડું જોઈએ છેએ તેના કરતાં ચક્ર ઉપર વધારે લપેટાયછે; અને એ પ્રમાણે દોરડું લપેટ્યાવિના યંત્ર વધારે વારસુધી ચાલ્યા કરેછે.

આંસ અને ચક્ર એ જેવું ઘણે ખરે ઠેકાણે કામમાં આવેછે તેવું બિજું અમિશ્ર યંત્ર એકે નથી, અને તેટલામાટેજ ઘણે પ્રસંગે મિશ્ર યંત્રમાં તે દીઠામાં આવેછે. તેની વર્તુળાકાર ગતિએ કરીને પણ કેટલોએક નફો થાયછે, કેમકે તે ગતિ ઘણાજ લાંબા કાળસુધી એકસરખી રહી શકેછે; વળી એનો બિજો નફો એ છે કે બિજી જાતના યંત્રસાથે ઘણીએક રીતે સેહેલથી તે સંયુક્ત કીધામાં આવેછે. અને તેટલામાટેજ જે યંત્રમાં આંસ અને ચક્ર મુખ્ય હોતાં નથી એવાં મિશ્ર યંત્ર ઘણાં થોડાં છે. એ પ્રમાણે મરી દળવાની ઘંટીથી તે બિજો મોટો સાંચો જેણે કરીને લોહોડાંના પત્રાં દબાયછે તથા તેની પાટો કીધામાં આવેછે તે બનેલાં છે; ઘણીએક જાતના પઈડાંવાળા રથો, ચરખાઓ અને દળવાનાં યંત્રો તથા ઘડિઆળો અને સઘળી જાતના કાળમાપકો તથા

૧૬૦ ઑાંસ અને ચક્રના બિજાં યંત્રો.

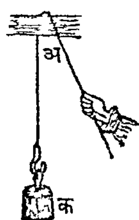
કાંતવાના ચરખા, અને રૂના, સણના, ઊનાતના અને રેશમના કામમાં આવેછે એવાં બિજાં યંત્રો, તથા જુદાં જુદાં કામમાં આવે એવી રીતે બનાવેલાં વરાળ યંત્રો, એ સર્વમાં આંસ અને ચક્ર મુખ્ય હોયછે.

ભાગ ૯.

કપ્પી અથવા દોરડાં વિશે.

આપણે હજીસુધી જે યંત્રોનો વિચાર કીધો તે યંત્રો અનમનીય પદાર્થોથી બનેલાં છે એવું ધાર્યું હતું; પણ જે યંત્રનો હાલ વિચાર કરીશું તે પદાર્થની યાંત્રિક શક્તિ તો નરમાસ ઉપરથી છે. એક માર્ગમાંથી બિજા માર્ગમાં બળને લઈ જવાસારૂ દોરી કામમાં લીધી તો ચાલશે, અને એ યંત્ર કામમાં લેવાથી એ એક મોટી સુગમ વાત બનેછે; મનમાં આણ કે (क) વજનને હરકોઈ ઉચ્ચાલકે કરીને (अ) માર્ગમાં આધાર આપવાનો છે; (આકૃતિ ૧૦૩), દોરડાને એક છેડે વજન બાંધીને તેનો બિજો છેડો, (अ) ધાર ઉપરથી લઈ જઇને તે છેડે હાથની શક્તીની યોજના કિધાથી એ વાત બની શકશે. જે ધાર અથવા ટેકા ઉપર દોરાનો વ્યાપાર બનેછે, તે આગળ નિકળેલો કડકો જો લાકડાનો અથવા લોહોડાનો હોશે તો, એ ખુલ્લું છે કે ઉચ્ચાલકના જોરે કરીને દોરી ઉપર પુષ્કળ ઘર્ષણ થશે અને તેથી તે દોરી જલદીથી ઘસાઈ જશેઃ એ હરકત મિટાડવામાટે કપ્પી બનાવેલી છે; તેની અંદર એક ગોળ પઇડું હોયછે તથા તે પઈડાંની ધાર

આકૃતિ ૧૦૩.

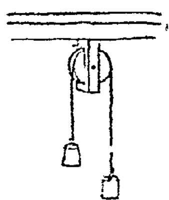


ઉપર દોરડું આવી રેહે એટલી પોહોળી અને ઉંડી ખાંચ પાડેલી હોયછે; અને તે પઇડાંની આરપાર એક મેખ મારીને તેને કપ્પીના ઘરસાથે જડી લીધેલી હોયછે તેથી તે પઇડું તેના મધ્યની આસપાસ ફરેછે. એ ખુલ્લું છે કે તે મેખ ઉપર કપ્પીના ફરવાથી દોરડાનું ઘર્ષણ ઘણું-એક ઓછું થઇ જશેઃ વલી એ વાત નજરમાં રાખ-વાની છે કે કપ્પી એ સંજ્ઞા માહેના પઇડાંને તથા તેના ઘરને આપેલી છે, તથાપિ યંત્રનો યાંત્રિક ગુણ કાંઇ એ બે ઉપરથી નથી, તે તો માત્ર દોરડા ઉપરથી છે; કેમકે આપણે હમણાં એવું બતાવ્યું છે કે માહેનું પઇડું અને ઘર તો માત્ર ઘર્ષણ મિટાડવાસારૂ છે. કપ્પી બે જાતની છેઃ—એક અચર કપ્પી, પોતાના સ્થાન ઉપરથી ખસતી નથી. બિજી ચર કપ્પી, તે ઉચ્ચાલ્યની સાથે ઉપર નીચે ચઢે ઉતરેછે.

અચર કપ્પી વિષે.

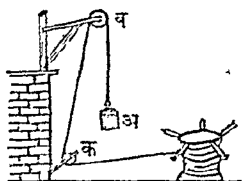
જારે કપ્પી (૧૦૪ થી આકૃતિમાં) બતાવ્યા પ્રમાણે જડેલી હોયછે, તારે તેના ઉપર રહીને જે દોરડું જાયછે, તેને બેઉ છેડે બે બરોબર બોજ લટકાવ્યા તો તે અરસપરસને સમતોલ રાખશે, કેમકે તે બે વજનમાંથી એકને જેટલું નીચે ખેંચીશું તેટલુંજ બિજું વજન તેટલા કાળમાં ઉચું ચઢશે, અને આખું દોરડું એક સરખું ખેંચાયામાં આવશે.

આકૃતિ ૧૦૪.



અને એ પ્રમાણે બંનેના વેગ બરોબર થાયછે વાસ્તે તેઓ એક બિજાને સમતોલ રાખશે. એ ઉપરથી એવું માલમ પડેછે કે અચર કપ્પીથી કાંઈ યાંત્રિક ફળ પ્રાપ્ત થતું નથીઃ પરંતુ એ કપ્પીના યોગથી ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર જે માર્ગમાં બનેછે તે માર્ગ ફેરવી શકાયછે, અને તેથી ઘણું સરળ પડેછે; કેમકે માણસ જાંહાં ઉભો હશે તાંહાંથી ખસ્યાવિના કપ્પીની મદદથી બોજાને કેટલેક ઉંચેસુધી ચઢાવી શકશે; પણ જો કપ્પી કામમાં ન લે તો બોજો જેમ જેમ ઉંચો ચઢશે તેમ તેમ તેને પણ ઉંચે ચઢવું પડશેઃ વળી કેટલાંએક માણસો સાથે એની મદદથી બોજાને દોરડાંએ કરીને ખેંચી શકેછે. કોઈ વાર બે અચર કપ્પિઓ કામમાં લેવાની જરૂર પડેછે, અને ઉચ્ચાલકને સ્થાને ઘોડાની શક્તીની અને ઘણી ખરી વાર ડવરની યોજના કીધામાં આવેછે. મનમાં આણ કે એક ભારે (अ) બોજો ઉંચો ચઢાવવાનો છે; (૧૦૫ મી આકૃતિ જો); એ ઠેકાણે (व) અને (क) બે કપ્પિઓને દોરડાનો એક છેડો તે બોજાસાથે બાંધીને ઉપયોગમાં લીધેલિયો છે; અને તે દોરડાનો બિજો છેડો (व) કપ્પી ઉપરથી લઈ જઇને પાછો નીચેની તરફ (क) કપ્પીમાંથી પોરવી

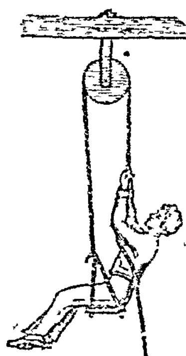
આકૃતિ ૧૦૫.



કાહાડીને જે ડવર ઉપર ઉચ્ચાલકની યોજના કીધી છે તેનીસાથે બાંધેલો છે. અચર કપ્પીના યોગથી મા-

ણસ પોતાની મેળે ઉપર ચઢી શકેછે અથવા કેટલાંએક ઉંડાણસુધી નીચે ઉતરી શકેછે; જો ૧૦૬ ઠી આકૃતિમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે તે ખુરશી ઉપર અથવા ટોપલામાં બેસે, અને જે દોરડું ઉપરની અચર કપ્પી ઉપર નાખેલું છે તેનો એક છેડો તે ખુરશીએ અથવા ટોપલે બાંધેલો હોય, તો તે માણસ પોતાની મેળે તે દોરડાનો બિજો છુટો છેડો નીચેની તરફ ખેંચવાથી તે દોરડાની લંબાઈના અર્ધ બરોબર ઉંચે જઈ શકશે; અને એજ પ્રમાણે દોરડાની લંબાઈના અર્ધ બરોબર નીચે પણ ઉતરી શકશેઃ એજ મૂળ તત્વના આધાર ઉપરથી કિલાની કાઠી ઉપર નિશાન ચડે ઉતરેછે.

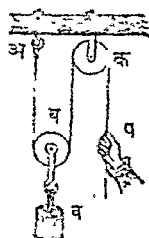
આકૃતિ ૧૦૬.



ચર કપ્પી વિશે.

પાસેની ૧૦૭ મી આકૃતિમાં એક ચર કપ્પી દેખાડેલી છે, તે કપ્પીમાં જે દોરી પોરવેલી હોયછે તેને આધારે તે લટકેછે એટલોજ તેમાં અને અચર કપ્પીમાં ભેદ છે, અને તે કપ્પી ઉપરથીજ બોજ લટકાવેલો હોયછે. (अ) સ્થિર બિંદુએ એક દોરી બાંધીને તેને જે (ब) ચર કપ્પીએ (व) બોજ લટકાવેલો

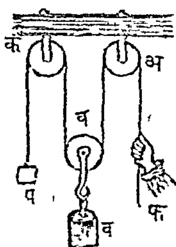
આકૃતિ ૧૦૭.



છે તેમાં પોરવેલી છે અને તાંહાંથી ઉપરની તરફ (क) અચર કપ્પીમાં ભેરવીને બિજે છેડે (प) આગળ ઉચ્ચાલકની યોજના કીધેલી છે. જારે (प) ઉચ્ચાલકને નીચેની તરફ ખેંચીએ છૈયે તારે એ સ્પષ્ટ છે કે તે દોરીના બંને (अव) અને (वक) ભાગની લંબાઈ ટુંકી થશે, અને તેટલા માટે નીચેની કપ્પી અને ઉપરની ટોંચ આગળનું લાકડું એ બંનેની વચમાંનું અંતર દોરડાના બંને ભાગ જેટલા ટુંકા થાયછે તેટલુંજ ટુંકું થશે, અને તે કપ્પી પણ તેટલીજ ઉંચી આવશે. વળી (व) ઉચ્ચાલ્યને દોરડાના (अव) અને (वक) ભાગનો આધાર મળેલો છે, તથા તે બંને ભાગ ઉપર બરોબર તાણ થાયછે માટે તે ઉચ્ચાલનનો અર્ધો અર્ધ ભાર પ્રત્યેક ભાગ ઉપર પડશે. તેટલા માટે જો ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યના અર્ધ બરોબર હોશે તો એ યંત્રની મદદથી ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યને ધારણ કરી રેહેશે.

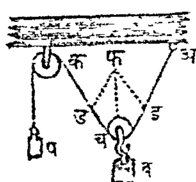
હવે ધાર કે દોરડાંને ૧૦૭ મી આકૃતિ પ્રમાણે (अ) સ્થિર બિંદૂએ ન બાંધતાં લાંબું રાખેલું છે, અને ૧૦૮ મી આકૃતિ પ્રમાણે તેનો છેડો બિજી અચર કપ્પીમાં લાખીને (फ) સુધી આણેલો છે, માટે ઉચ્ચાલ્યના અર્ધ બરોબર એક બળ (फ) આગળ લગાડ્યું તો તે (अफ) દોરીને નીચેની તરફ ખેંચશે; એ નવું બળ ૧૦૭ મી આકૃતિમાં (अ) સ્થિર બિંદૂઉપર ઉચ્ચાલ્યનો જેટલો ભાર પડેછે તેની બરોબર થશે;

આકૃતિ ૧૦૮.



આઘાત અને પ્રત્યાઘાતના નિયમ પ્રમાણે સ્થિર બિંદૂ ઉપર જેટલા બળનો વ્યાપાર થાયછે તેટલો તેના ઉપર ભાર પડશે, અને એ ઠેકાણે ઉચ્ચાલ્યનો તેના અર્ધા બળથી વ્યાપાર થાયછે તેથી (अ) બિંદૂ પણ ઉચ્ચાલ્યના અર્ધ જેટલા બળથી તેને ખેંચી રાખશે. પણ (अ) અચર કપ્પી ઉપર (फ) આગળથી જે નવા બળનો વ્યાપાર થાયછે તે ઉચ્ચાલ્યના અર્ધ બરોબર છે, તેથી તે (अ) ઉપર જેટલી તાણ થાયછે તેની બરોબર થશે. એ ઉપરથી એવો નિશ્ચય કીધામાં આવેછે કે જો આ નવી કપ્પી કાહાડી લીધી તોપણ ઉચ્ચાલ્ય, ઉચ્ચાલક અને તેઓની ઉપરનો સ્થિર બિંદૂ એઓના વ્યાપારથી (अब) અને (बक) દોરડાં બરોબર ખેંચાશે; કેમકે ઉચ્ચાલ્ય પોતાના વજનના અર્ધ જેટલા બળે કરીને પ્રત્યેકને ખેંચેછે, અને ઉચ્ચાલક તથા સ્થિર બિંદૂ એ બેઉ પણ તેટલાજ બળથી તેઓને ખેંચેછે: તેટલામાટે બરોબર બળે કરીને ખેંચાયાથી તેઓ સમાન ખેંચાશે. ઉચ્ચાલ્યના અર્ધ જેટલું યાંત્રિક ફળ ચર કપ્પીએ કરીને પ્રાપ્ત થશે; એનો દાખલો, જો ૧૦૭ મી આકૃતિમાં (व) ઉચ્ચાલ્ય ૧૨ શેરનું હશે તો, ૬ શેરને (अ) બિંદૂનો આધાર મળશે, અને ભિન્ન ૬ શેરને (प) ઉચ્ચાલકનો મળશે.

આકૃતિ ૧૦૯.

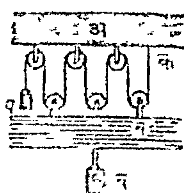


(अब) અને (बक) દોરડાં લંબરૂપ માર્ગમાં ટાંગેલાં છે તેને બદલે જો તેઓને ૧૦૯ મી આકૃતિ પ્રમાણે ત્રાંસાં રાખ્યાં તો, ઉચ્ચાલ્યને ધારણ કરવાસારૂ અર્ધા

ઉચ્ચાલ્ય કરતાં વધારે શક્તિ જોઈશે. એ ઠેકાણે ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપવાસારૂ કેટલી શક્તિ જોઈશે. તેનો નિશ્ચય બળના સંઘાત અને ભેદનના મૂળતત્વ ઉપરથી થશેઃ તેટલા માટે જેટળા ઔંસનું ઉચ્ચાલ્ય હોય તેટલા ઇંચિની (व) આગલથી લંબ માર્ગમાં લિટી દોર, અને ધાર કે તે લિટી (फ) સુધી ગયેલી છે, પછી (फ) થી (फ ड) લિટી (अ व) સાથે સમાંતર, અને (फ इ) લિટી (क व) સાથે સમાંતર દોર; એટલે (फ व) એ કરીને દેખાડેલા ઉચ્ચાલ્યનું માન (ड व) અને (व इ) એ દેખાડેલા બંને બળોની બરોબર થશે. (ड व) લંબાઈના ઇંચનો આંક તે દોરડાના (व क) ભાગ ઉપર જે તાણ થાયછે તેને બતાવશે; અને એજ રીતે (व इ) લંબાઇનો ઇંચિનો અંક (व अ) ઉપર જે તાણ થાયછે તેને બતાવશે. અને તે દોરડું (व) ઉચ્ચાલ્યે કરીને બંને તરફ બરોબર તણાયલું છે માટે (व ड) અને (व इ) બરોબર થશે, અને (प) ઉચ્ચાલક જે (प क) આગળના દોરડાને ખેંચેછે, તે પ્રત્યેક દોરડાં ઉપર જે તાણ થાયછે તેની બરોબર થશે.

કપ્પિઓની યાંત્રિક શક્તિ તેઓના સમાહારે કરીને બેસુમાર વધારાયછે. તેઓનો સમાહાર બે જુદી જુદી રીતે થાયછે; તેમાં એકની અંદર ફક્ત એકજ દોરડું હોયછે, અને બિજામાં ઘણા દોરડાં

આકૃતિ ૧૧૦.

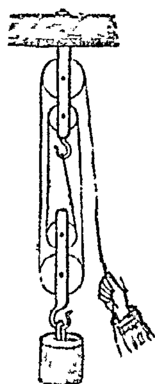


હોયછે. પાસેની ૧૧૦ મી આકૃતિમાં કેટલીએક અચર કપ્પિઓ ઉપરથી એકજ દોરડું ગયલું છે. મનમાં આણ કે ઉપરના (अ) અને નીચેના (व) લાકડાસાથે ત્રણ ત્રણ કપ્પિઓ જડેલિયો છે; અને ઉપરના (अ) અને નીચેના (व) લાકડા ઉપરની કપ્પિઓની માંહે દોરડાંને વારા ફરતી પોરવીને તેનો એક છેડો (क) સ્થળે બાંધેલો છે. (प) ઉચ્ચાલકને તે દોરડાને બિજે છેડે ટાંગ; હવે જો (व) ઉચ્ચાલ્યને નીચેના લાકડાંએ લટકાવિયે, અને દોરડાના બદ્ધા ભાગ સમાંતર હોય તો તે દોરડાના પ્રત્યેક ભાગ ઉપર ઉચ્ચાલ્યના જોરથી (प) ઉચ્ચાલક જેટલું દાબણ થશે. એ ઠેકાણે જે નીચેના લાકડાંએ ઉચ્ચાલ્ય લટકાવેલું છે તેની સાથે ત્રણ કપ્પિઓ જડેલિયો છે માટે ઉચ્ચાલ્ય બરોબર ત્રણ ભાગે વેંહેંચાયછે, તથા તેણે કરીને પ્રત્યેક કપ્પી ઉચ્ચાલ્યના ત્રિજા ભાગને ધારણ કરેછે એમ ધાર્યું તો ચાલશે; પણ વળી નીચેની પ્રત્યેક કપ્પીને બે બે દોરડાં છે માટે એ પ્રત્યેક કપ્પી ઉપર જે ક્રિયા થાયછે તેના ફરીથી બે બે ભાગ કરવા પડશે; તેટલા માટે એકેક દોરડું ઉચ્ચાલ્યનો ⅙ ધારણ કરશે, અથવા એક શેર વજનનું (प) ઉચ્ચાલક ૬ શેરના (व) ઉચ્ચાલ્યને સમતોલ રાખશે.

૧૧૧ મી આકૃતિમાં ૪ દોરડાંથી ઉચ્ચાલ્યને આધાર મળેછે. તેટલામાટે ઉચ્ચાલક કરતાં ઉચ્ચાલ્ય ચારગણું ભારે જોઇશેં; કેમકે એ સ્પષ્ટ છે કે પાછળના ઉદાહરણ પ્રમાણે દોરડાનો એકેક ભાગ ઉચ્ચાલ્યના બરોબર ભાગને ધારણ કરી રેહેછે. તેટલા માટે ઉચ્ચાલ્યના

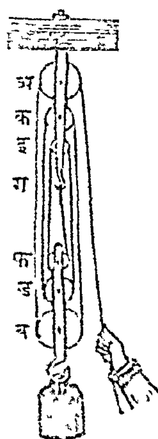
ચાર ભાગ થાયછે અને તે પ્રત્યેક ભાગને એક એક દોરડું ધારણ કરી રેહેછે એમ ધાર્યું તો ચાલશે. એ યંત્રમાં કેટલું યાંત્રિક ફલ ઉત્પન્ન થાયછે એનો હિસાબ કાહાડવાસારૂ ચર કપ્પીની સંખ્યાને ફકત બેએ વતી ગુણવી, પછી તે ગુણાકાર ઈચ્છેલી ઉચ્ચાલક શક્તિ જાણવી. જો બે ચરકપ્પીઓ હશે તો બે, એ સંખ્યાને બેએ એટલે દોરડાની સંખ્યાએ ગુણી તો ગુણાકાર ચાર થશે; અને તેટલા માટે ઉચ્ચાલ્યના ¼ બળ જેટલા ઉચ્ચાલકની યોજના કરવી પડશે; અને એજ પ્રમાણે વધારે કપ્પિઓને માટે પણ જાણવું.

આકૃતિ ૧૧૧.



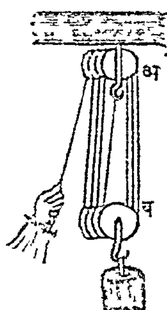
જેની માંહે એકજ દોરડું હોયછે એવી કપ્પીની રચના ૧૧૨ મી આકૃતિમાં બતાવેલી છે. નીચેનો કપ્પો એક ઠેકાણેથી બિજે ઠેકાણે જઈ શકે એવો છે, અને તેની માંહે (च), (ड), અને (फ), એવાં ત્રણ ચક્રો છે, અને તેની નીચેની તરફ ઉચ્ચાલ્ય લટકાવેલું છે. ઉપરનો કપ્પો અચળ છે અને એની માંહે (अ), (क), અને (इ), એવાં ત્રણ ચક્રો છે, અને દોરડું (ग) આંકડાએ બાંધીને ઉપરનાં અને હેઠળનાં ચક્રો ઉપર વારા ફરતી ભેરવીને

આકૃતિ ૧૧૨.

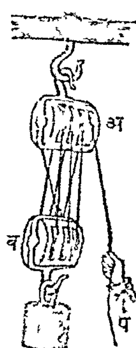


છેલ્લે ઉપરના ચક્ર ઉપર આણેલું છે, અને તેને છેડે ઉચ્ચાલક લટકાવેલું છે. નીચેના કપ્પા ઉપરથી દોરડાના જે ભાગ જાયછે તે બધાઓનો ઉચ્ચાલ્યને આધાર મળેલો છે, અને તે સર્વને ખેંચી રાખનાર બળ એકજ છે, માટે ઉચ્ચાલ્યની અસર તે સર્વને સમાન પોંહોંચશે. તેટલામાટે એ ખુલ્લું છે કે જે દોરડાં નીચેના કપ્પાને ધારણ કરી રેહેછે તેની સંખ્યા જેટલું ઉચ્ચાલ્ય ઉચ્ચાલક કરતાં વધારે ભારે થશે. જો પાછળાં ઉદાહરણ પ્રમાણે ૭ દોરડાં હશે તો પ્રત્યેક દોરડું ઉચ્ચાલ્યના $\frac{1}{6}$ ને ધારણ કરશે.

આકૃતિ ૧૧૩.



આકૃતિ ૧૧૪.



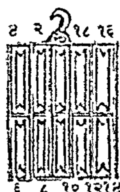
વાહાણોમાં સઢને અને ડોલને ઉપર ખેચવાને અને નીચે ઉતારવાને જે જાતની કપ્પિઓ મુખ્યત્વે કરીને કામમાં આવેછે તે ઉપરની ૧૧૩ તથા ૧૧૪ મી આકૃતિમાં દેખાડેલિયો છે, અને એના ઉપર પણ એક મૂળ તત્વ

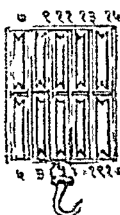
લાગુ પડેછે. વ્યવહારના કામમાં એ જાતની કપ્પી પાછળ દેખાડેલી કપ્પી કરતાં ઘણી સુતર પડેછે કેમકે તેની અંદર બંને કપ્પીની લંબાઇને લીધે જે આધાર બિંદુએ બધું યંત્ર લટકેછે તેની નજીક ઉચ્ચાલ્ય આણાતું નથી. આગળની ૧૧૩ મી આકૃતિમાં ૧૧૧ મી અને ૧૧૨ મી આકૃતિ પ્રમાણે એકની નીચે એક કપ્પિઓને ન રાખતાં તેઓને જોડાજોડ રાખેલિયો છે. ૧૧૪ મી આકૃતિમાં (च) કપ્પામાં ત્રણ ચર કપ્પિઓ, અને (अ) કપ્પામાં ત્રણ અચર કપ્પિઓ ઘાલેલિયો છે. જો ઉચ્ચાલ્ય ૩૦ મણનું હશે તો પૂર્વે બતાવ્યા પ્રમાણે તેનો ભાર છએ દોરડા ઉપર વેંહેચાશે, તેટલા માટે ઉચ્ચાલ્યને ધારણ કરવાને ફક્ત પાંચ મણની શક્તિ જોઇશે. એ જાતના કપ્પાની માંહેની ઘરેડી ઉપર દોરડાંઓનો વ્યાપાર ત્રાંસાં માર્ગમાં થાયછે તેથી અડચણ પોંહોંચેછે, કેમકે તેણે કરીને તેનું ઘર્ષણ વધેછે તથા તેઓના આંસ ઘસાયછે, અને જાંહાં જાંહાં શક્તિની યોજના ૧૦૯ મી આકૃતિ પ્રમાણે આડકતરા માર્ગમાં થાયછે તે સર્વ જગોયે જે માર્ગમાં તાણ થાયછે તે માર્ગ લંબથી જેટલો દૂર પડેછે તે પ્રમાણે શક્તિની હાની પોંહોંચેછે. આ જાતની કપ્પિઓની યાંત્રિક શક્તિ ગણતી વખતે નીચેના કપ્પાનો ભાર હંમેશાં ઉચ્ચાલ્યનો ભાગ છે એમ જાણવું.

સ્મીટન્ નામના એક પ્રખ્યાત પુરુષે એક જાતની કપ્પીની રચના બનાવેલી છે; તેની અંદર પ્રત્યેક કપ્પામાં બે ઓળો મળીને એકની નીચે એક એવાં દશ દશ ચક્રો

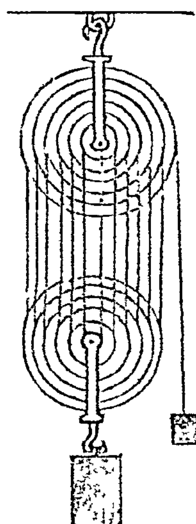
બેસાડેલાં છે. માત્ર એકજ દોરડું ૧, ૨, ૩, ૪, ઈત્યાદિ અંકોના અનુક્રમ પ્રમાણે બદ્ધી કપ્પિઓ ઉપર ફેરવી વાળેલું છે. (આકૃતિ ૧૧૫ મી). હવે દોરડાની તાણ બધે

આકૃતિ ૧૧૫.





આકૃતિ ૧૧૬.

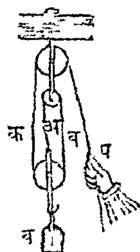


એક સરખી છે માટે પ્રત્યેક દોરડાનો વ્યાપાર ઉચ્ચાલ્ય ઉપર ઉચ્ચાલક જેટલા બળે કરીને થાયછે. તેટલામાટે ૪૦૦ શેરના ઉચ્ચાલ્યને ૨૦ શેરનું ઉચ્ચાલક આધાર આપશે, કેમકે ચક્રની સંખ્યા ૧૦ છે અને પ્રત્યેક કપ્પી ઉપર બે બે દોરડાં છે તેથી ૧૦×૨=૨૦ થાયછે અને એને ફરીથી ઉચ્ચાલકે એટલે ૨૦ શે વતી ગુણ્યા તો ગુણાકાર ૪૦૦ થાયછે. ઉપર જે જાતની કપ્પીનું વર્ણન કીધું તેની માંહે પ્રત્યેક કપ્પીને જુદા જુદા આંસ હોયછે;

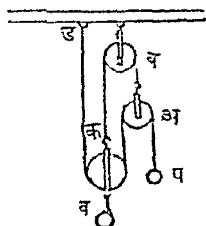
અને પ્રત્યેક કપ્પી પોતપોતાના આંસ ઉપર ફરેછે માટે ઘર્ષણ ઉત્પન્ન થયાવિના રેહેશે નહીં. એ ખોડ મિટાડવાને વૈટ સાહેબે એક ડાહાપણ ભરેલી યુક્તિ કાહાડી છે, તેની અંદર પ્રત્યેક કપ્પામાંની કપ્પિઓ એકજ આંસ ઉપર ફરેછે. ૧૧૬ મી આકૃતિમાં તે કપ્પિની રચના બતાવેલી છે; તેમાં બે ગોળ કપ્પાઓ છે, અને તેની માંહે એકની ઉપર એક કપ્પિઓ બેસાડેલિયો છે, અને તે બધી ઘરેડિઓ એક સાધારણ આંસ ઉપર ફરેછે. એકજ દોરડું ઉપરના કપ્પાની મોટી ઘરેડી ઉપરથી નિકળીને વારફરતી બધી ઘરેડી ઉપર જાયછે, અને છેલ્લે નીચેના કપ્પાના મધ્ય આગળ આવેછે, તાંહાં તેનો છેડો બાંધેલો હોયછે. એ કપ્પી વિશે વધારે જાણવાની ઇચ્છા હોય તો શિખનારાઓએ મરાઠી ભાષામાં જે શિલ્પ શાસ્ત્રનું ભાષાંતર થયું છે તેને ૧૭૦ મે પાને જોવું.

એક ચર કપ્પીના યોગથી એકજ દોરડું એવી રીતે રાખ્યામાં આવેછે કે તેથકી ઉચ્ચાલકકરતાં ત્રણગણા ભારી ઊચ્ચાલ્યને આધાર અપાયછે. પાસેની ૧૧૭ મી આકૃતિમાં તે રચના દેખાડેલી છે; એ જગોએ તે દોરડાના (अ), (ब), (क) એવા ત્રણ ભાગના જોરથી એક શેરનું (प) ઉચ્ચાલક ત્રણ શેરના (व) ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપેછે. કેમકે (अ) (ब) (क) એ

આકૃતિ ૧૧૭.



પ્રત્યેક દોરડાના ભાગઉપર (प) વજનથી એકસરખી તાણ થાયછે; અને તે બક્ષાઓની તાણ (व) વજનને કરીને પ્રતિહત થયલી છે.



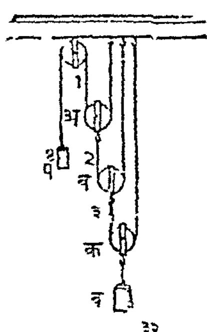
આકૃતિ ૧૧૮.

૧૧૮ મી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે એક વજન પોતાથી ચોગણા અથવા પાંચગણા ભારે વજનને બે દોરડાં અને બે ચર કપ્પી જેને સ્પાનિશ બાર્ટન્ કેહેછે તેના યોગથી આધાર આપી શકેછે. બંને ચર કપ્પિઓના ધર, (अवक) સલંગ દોરડું જે (व) અચર કપ્પીઉપર રહીને જાયછે તેની સાથે બાંધેલાં છે. (प) ઉચ્ચાલકનો વ્યાપાર એક બિજું દોરડું જે પેહેલી કપ્પીની ઉપરથી અને ત્રિજીની નીચેથી જાયછે તથા (ड) ભારોટિયાસાથે બાંધેલું છે તેના ઉપર બનેછે. એ જગોએ (पअ), (अक), અને (कड) દોરડાના પ્રત્યેક ભાગઉપર (प) ઉચ્ચાલકનું બરોબર દાબણ થાયછે; અને (अव) અને (वक) એ દોરી ઉપર (प) ઉચ્ચાલકની બમણાઈ બરોબર દાબણ થાયછે; અને (व) ઉચ્ચાલ્ય (डक), (कव), અને (कअ) એ ત્રણે દોરડાં ઉપરના દાબણને પ્રતિહત કરેછે માટે તે (प) કરતાં ચારગણું વધારે થશે.

ચર કપ્પિઓના સમુદાયને એક બિજાસાથે સંલગ્ન

કીધાથી ઇછાપ્રમાણે શક્તિ વધારી શકાયછે. ૧૧૯ મી આકૃતિમાં જે કપ્પિઓની રચના બતાવી છે તેમાં ત્રણ દોરડાં છે, અને તેની અંદર ઉચ્ચાલ્ય,· ઉચ્ચાલક કરતાં આઠગણું ભારે છે. પેહેલા દોરડાને છેડે ૪ શેરનું ઉચ્ચાલક લટકાવેલું છે: ૧ ની નિશાનીવાળું દોરડું (अ) ચર કપ્પીમાંથી ગયેલું છે, તેથી એ સ્પષ્ટ છે કે

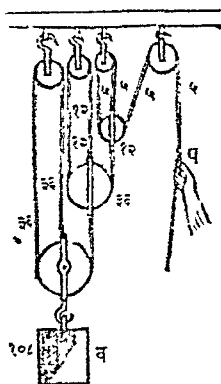
આકૃતિ - ૧૧૯.



આખું દોરડું ૮ શેરને ધારણ કરશે, કેમકે પ્રત્યેક દોરડાંઉપર ચાર ચાર શેરનું દાબણ થાયછે. (૨) ની નિશાનીવાળું બિજું દોરડું (ब) ચર કપ્પીમાંથી આરપાર જઇને તેજ રીતે ૧૬ શેરને, અથવા અકેક બાજુઉપર આઠ આઠ શેરને ધારણ કરેછે. (૩) ની નિશાનીવાળું છેલ્લું દોરડું (क) ચર કપ્પીમાંથી આરપાર જાયછે તેથી આખું દોરડું ૩૨ શેરને અથવા પ્રત્યેક ભાગ સોળ સોળ શેરને ધારણ કરેછે. એપ્રમાણે (प) આગળનું ૪ શેર વજન (व) આગળના ૩૨ શેર વજનને આધાર આપશે. જો ત્રણ દોરડાં અને ત્રણ ચર કપ્પીને બદલે ચાર દોરડાં અને ચાર ચર કપ્પિઓ હશે તો (प) આગળનું ચાર શેરનું વજન (व) આગળ ૬૪ શેરના વજનને ધારણ કરશે; અને એજ પ્રમાણમાં આગળ પણ યાંત્રિક શક્તિ વધતી જશે, કેમકે એ ખુલ્લું છે કે એવી જાતની કપ્પીની રચનાની અંદર એક એક દોરડું વધા-

યાંથી બમણું બમણું કાર્ય ઉત્પન્ન થાયછે. એ યંત્રની શક્તિ ૧૨૦ મી આકૃતિ પ્રમાણે આંકડાને ઠેકાણે નાહાની અચર કપ્પિઓ રાખ્યાથી ઘણીજ વધારાયછે. એ ઠેકાણે દોરડાને આંકડાસાથે ન બાંધતાં અચર કપ્પીઉપર લાખીને ચર કપ્પીએ બાંધેલું હોયછે. પ્રત્યેક ચર કપ્પીઉપર બે બે દોરડાંની તાણ ન થતાં ત્રણ ત્રણ દોરડાંની તાણ થાયછે, અને એટલામાટે પેહેલા દોરડાઉપર જે તાણ

આકૃતિ ૧૨૦.

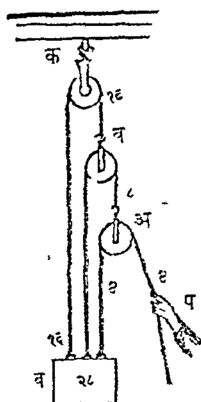


થાયછે તેના કરતાં ત્રણગણી બિજાઉપર થશે, અને એ ખુલ્લુંજ છે કે પેહેલાની ઉપર ઉચ્ચાલક જેટલી તાણ થાયછે. ત્રિજાઉપર બિજાના કરતાં ત્રણગણી અથવા પેહેલાના કરતાં નવગણી તાણ થશે, અને સઘળે ઠેકાણે છેલ્લા દોરડાઉપર જે તાણ થશે તેના કરતાં ઉચ્ચાલ્ય ત્રણગણું વધારે થશે; માટે આ ઠેકાણે ૪ શેરનું (પ) ઉચ્ચાલક ૧૦૮ શેરના ઉચ્ચાલ્યને ધારણ કરશે.

આગળની ૧૨૧ મી આકૃતિમાં એક જાતની કપ્પીની રચના દેખાડેલી છે; તેની અંદર પ્રત્યેક દોરડાને ૧૨૦ મી આકૃતિ પ્રમાણે એક છેડેથી સ્થિર બિંદૂએ ન બાંધતાં ઉચ્ચાલ્ય સાથે બાંધેલું છે. (અ) અને (ઞ) બે ચર

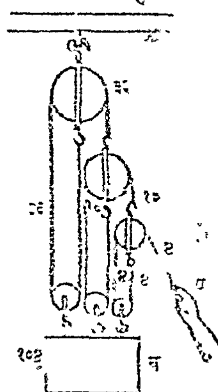
કપ્પિઓ છે અને (क) અચર કપ્પી છે; (क) અચર કપ્પી ઉપર દોરડું લાખીને તેનો એક છેડો (व) ઉચ્ચાલ્ય જે લોહોડાની દાંડીને આધારે રેહેછે તેની સાથે અને બિજો છેડો (व) ચર કપ્પીને આંકડે બાંધેલો છે, તથા એ (व) ચર કપ્પીઉપર જે બિજું દોરડું લાખેલું છે તેનો પણ એક છેડો એજ રીતે તે લોહોડાની દાંડીસાથે બાંધેલો છે, અને બિજો ત્રિજી (अ) કપ્પીએ બાંધેલો છે. એ ઠેકાણે ઉચ્ચાલ્યને ત્રણ દોરડાંનો આધાર મળેછે તેમાં એકના ઉપર ઉચ્ચાલક જેટલા બળથી તાણ થાયછે, બિજાઉપર ઉચ્ચાલકથી બમણી તાણ થાયછે, અને ત્રિજાઉપર ઉચ્ચાલકથી ચોગણી તાણ થાયછે; તેટલામાટે એ ઠેકાણે ઉચ્ચાલક કરતાં ઉચ્ચાલ્ય સાતગણું વધારે થાયછે કયિાને ૪ શેરનું (प) ઉચ્ચાલક ૨૮ શેરના (व) ઉચ્ચાલ્યને ધારણ કરશે.

આકૃતિ ૧૨૧.



જે લોહોડાના ગજીઆને આધારે ઉચ્ચાલ્ય રેહેછે તેની સાથે ૧૨૧ મી આકૃતિ પ્રમાણે દોરડાં ન બાંધતાં, જો તેમને પાસેની ૧૨૨ મી આકૃતિ પ્રમાણે ચક્રોમાંથી

આકૃતિ ૧૨૨.



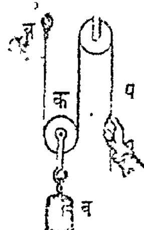
લઈ જૈયે અને આખરે ઉપરની કપ્પી સાથે બાંધિયે તો, એ રચનાથી ઉપર કરતાં વધારે યાંત્રિક શક્તિ ઉત્પન્ન થશે. હમણાના ઉદાહરણમાં ૪ શેરનું (પ) ઉચ્ચાલક, ૧૦૪ શેરના (વ) ઉચ્ચાલ્યને એટલે ઉચ્ચાલક કરતાં ૨૬ ગણા બોજાને ધારણ કરશે.

કપ્પિઓના આ નાના પ્રકારના સમાહારનો વિચાર કીધો તેમાં આપણે તેમનો ભાર હિસાબમાં લીધો નથી, તોપણ એ નજરમાં રાખવું અવશ્ય છે કે પાછળના બે છેલ્લાં ઉદાહરણમાં, (આકૃતિ ૧૨૧ અને ૧૨૨ મી), ઉચ્ચાલકને ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપવામાં કપ્પિઓના વજનથી મદદ મળેછે; અને ૧૧૯ મી અને ૧૨૦ મી આકૃતિમાં કપ્પિઓના વજનોનો વ્યાપાર ઉચ્ચાલકથી વિરુદ્ધ થાયછે. પણ કપ્પિઓની જે રચનાને ઇંગ્રેજીમાં સ્પાનિશ બાર્ટન્ કેહેછે તેમાં તેમના વજનોનો વિરુદ્ધ વ્યાપાર, થોડો ઘણો એક બિજાથી નષ્ટ થાયછે.

સર્વ ઠેકાણે માલમ પડશે કે ઉચ્ચાલન અને બિજાં યન્ત્રોની પેહેજ. કપ્પીની યાંત્રિક શક્તિ પણ ગુણદ્વેગના બિજને અનુસરીને છે. ધાર કે દોરડાનો એક છેડો

(त्र) આંકડે બાંધેલો છે, (આકૃતિ ૧૨૩); હવે જો (क) ચર કપ્પી જેને આધારે (व) ઉચ્ચાલ્ય લટકેછે તેની અંદર દોરડું પોરવીને તેને (प) છેડે ઉચ્ચાલકની યોજના કીધી તો, એ ઉઘાડું છે કે (व) ઉચ્ચાલ્યને એક ફુટ ઉંચે ખેંચવાસારૂ પ્રત્યેક દોરડાં જે ઉચ્ચાલ્ય તથા કપ્પીને ધારણ કરેછે તેને એક એક ફુટ ટુંકાં કરવાં પડશે—એટલે, ઉચ્ચાલ્ય એક ફુટ ઉંચે ખેંચવાનું હશે તો ઉચ્ચાલકને બે ફુટ ગમન કરવું પડશે, અને તેટલામાટેજ ઉચ્ચાલકનો વેગ ઉચ્ચાલ્યના વેગકરતાં બમણો થાયછે. એજ રીતે એ પણ સિદ્ધ થશે કે ૧૧૭ મી આકૃતિમાં, જાહાં કે ૧ શેરનું ઉચ્ચાલક ૩ શેરના ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપેછે તે જગોએ, જો ઉચ્ચાલક ત્રણ ફુટ નીચે ઉતરશે તો જે દોરડું ઉચ્ચાલ્યને આધાર આપનાર કપ્પી સાથે બાંધેલું છે તે પણ ત્રણ ફુટ ટુંકું થશે, અને તેટલામાટે તેના પ્રત્યેક ભાગ એક એક ફુટ ટુંકા થશે. એ ઠેકાણે ઉચ્ચાલકનો વેગ ઉચ્ચાલ્યના વેગ કરતાં ત્રણગણો છે. ઉપર કહેલી સઘલી જાતની કપ્પિઓની રચનામાં એજ મૂળ તત્વ લાગુ પડશે; અથવા બિજી રીતે કહિયે તો, જારે હરકોઈ જાતની કપ્પીની રચનામાં ઉચ્ચાલક અને ઉચ્ચાલ્ય એક બિજાને સમતોલ રાખેછે, તારે જે પ્રદેશમાં ઉચ્ચાલક ગમન કરેછે તેને ઉચ્ચાલકે ગુણ્યો તો તે ગુણાકાર, જે પ્રદેશમાં ઉચ્ચાલ્ય ગમન કરેછે તેને ઉચ્ચાલ્યે

આકૃતિ ૧૨૩.



વતી ગુણિયે તેની બરોબર થશે. પણ એ હિસાબકરતાં ઘણુંજ ઓછું યાંત્રિક ફળ અનુભવવખત માલમ પડેછે, કેમકે જે આંસઉપર કપ્પી ફરેછે તેના અને દોરડાંના ઘર્ષણને લીધે ઘણું એક નુકસાન પોંહોંચેછે: ઘણેએક ઠેકાણે એવું માલમ પડેલું છે કે શક્તિના $\frac{1}{3}$ કરતાં કાંઈ ઓછું નુકસાન થતું નથી. પરંતુ હરકોઈ જાતની કપ્પીની રચનામાં ગાર્નેટ્ સાહેબે જે એક સાદી યુક્તિ કાહાડી છે, જેને ઘર્ષણલાટ કેહેછે, તેને કામમાં આણ્યાથી ઘર્ષણ ઘણુંજ ઓછું થાયછે.

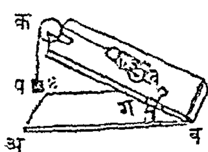
ભાગ દશમો.

ઢોળાવ.

એ યાંત્રિક શક્તિ સઘળા કરતાં સેહેલી છે. એની સફાઈ દબાય નહીં એવી પૂર્ણ કઠણ માનેલી છે, અને તે ક્ષિતિજ સાથે ખુણો કરેછે; વળી એ સફાઈ ક્ષિતિજથકી જરી જરી ઉંચી થતી થતી લગભગ લંબરૂપ થાયછે તે પ્રમાણે એ ખુણો મોટો થાયછે. જારે કિનારા ઉપરથી વાહાણમાં કાંઈ ભારે માલ નાખવાનો હોયછે તારે ઢોળાવનો ઉપયોગ કીધામાં આવેછે; આ ઠેકાણે લાકડાની પાટલી એ ઢોળાવ છે, અને તેનો એક છેડો વાહાણ ઉપર રેહેછે અને બિજો છેડો જમીન ઉપર રેહેછે. પછી તે માલને પાટલી ઉપર મેલીને ગબડાવેછે, અને પછી વાહાણમાં નાખેછે. એ ખુલ્લુંજ છે કે પાટલી જેમ ટુંકી હોયછે તેમ ઢોળ વધારે હોયછે, અને તે જેમ લાંબી હોયછે તે પ્રમાણે ઢોળ ઓછો હોયછે. આ વાત સઘળાઓને માલમજ છે કે જે ડુંગર ઘણો ઢોળાવ પડતો હોયછે તેના કરતાં જે ધીમે ધીમે ઉંચો થતો જાયછે તેના ઉપર હરકાંઈ જનસ ગબડાવવાને સેહેલ પડેછે. મનમાં આણ્ કે ૫૦૦ શેરની એક રૂની ગાંસડી બતેલામાં નાખવાની છે; હવે જો કોઈ યંત્ર કામમાં ન લીધું તો તેને તેમાં નાખવાને ૫૦૦ શેર જે-

ટલી શક્તિ જોઇશેં; પણ જો પાટલી મુકીને તેના ઉ-પરથી ગાંસડી ગબડાવી તો ૫૦૦ શેર કરતાં ઓછી શક્તિ જોઇશેં; અને સર્વ ઠેકાણે ઢોળાવનો ખુણો જેમ જેમ ઓછો હશે તેમ તેમ ઓછી શક્તિ જોઇશેં. અને બિજાં યાંત્રિક ફળની પેઠે આ ફળ પણ કાળની હાની પોહોંતાથી પ્રાપ્ત થાયછે. ઢોળાવની ઉંચાઈ કરતાં ઢોળાવ જેટલા ગણો વધારે હોયછે તેટલો આ યાંત્રિક શક્તીથી નફો થાયછે. મનમાં આણ કે પાસેની ૧૨૪ મી આકૃતિમાં (अ ब) એક સમાન સફાઈ છે, અને (ब क) એક બિજી સફાઈ તેની ઉપર નમતી છે; ધાર કે (ब क) સફાઈ (अ ब) ની સાથે (अ ब क) ખુણો કરેછે, તથા તેની ઉપર (ब) ભાર મુકેલો છે. હવે જો ઢોળાવ ઉંચાઈ કરતાં

આકૃતિ ૧૨૪.



બમણો, એટલે (ब क) જો (अ) થી તે (क) સુધીની લંબાઈ કરતાં બમણો હશે તો, (प) આગળ ચાર શેર-નો બોજ (ब क) ઉપર ગમે તે ઠેકાણે આઠ શેરનો બોજ મુક્યો. તો તેને ધારણ કરશે. એ ઉપરથી સાફ માલમ પડી આવશે કે ઢોળાવની ઉંચાઈ જેમ જેમ ઓછી હશે તેમ તેમ બોજને ધારણ કરવાને ઓછી શક્તિ જોઇશેં. એજ આકૃતિમાં એવું ધારેલું છે કે (ब) આગળ મિજાગરૂં છે તેથી (ब क) સફાઈ નીચે ઉપર થઈ શકેછે; માટે (अ ब क) ખુણો મોટો અથવા નાહાનો કરવાનો હશે તો તે (ब क) સફાઇને ઉપર અથવા

નીચે લીધાથી થશે; અને તે ખુણાનું માન (ग) સમાન ભાગ કીધેલો ક્રૌસ છે. તે ઉપરથી માલમ પડશે.

બળના સંધાત અને ભેદનના મૂળ તત્વ ઉપરથી ઢોળાવની યાંત્રિક શક્તિ ઘણી જલદીથી માલમ પડશે. પાસેની ૧૨૫ મી આકૃતિમાં ધાર કે (प) શક્તીનો વ્યાપાર (वअ) માર્ગ જે (अव) ઢોળાવ સાથે સમાંતર છે તેમાં થાયછે, અને તેણે કરીને (व) વજનને આધાર મળેછે; (अव) ઉપર (कव) લંબ કર, અને (वड) ને (अक) સાથે અને (कड) ને (अव) ઢોળાવ સાથે સમાંતર દોર. હવે (प) શક્તિ, (व) વજનનું ગુરૂત્વ, અને ઢોળાવનો પ્રતિરોધ, એ ત્રણેનાં વ્યાપારથી (व) વજન સમતોલમાં રેહેછે, તે મધ્યે (प) નો વ્યાપાર (अव) માર્ગમાં થાયછે, (व) વજનના ગુરૂત્વનો વ્યાપાર (वड) ઉર્ધ્વાધર માર્ગમાં થાયછે, અને ઢોળાવના પ્રતિરોધનો વ્યાપાર (कव) લિટી જે (अव) ઉપર લંબ છે તેના માર્ગમાં થાયછે. બળના સમાંતર બાજુ ચોખુણ વિશે જે પાછળ સિદ્ધ કીધું છે તે ઉપરથી ખુલ્લું નજર આવશે, કે જો હરકોઈ ત્રણ બળોના વ્યાપાર કોઈ પદાર્થ ઉપર કયા પણ એક ત્રિકોણની ત્રણ બાજુ સાથે સમાંતર માર્ગમાં થાય અને તેને સમતોલ રાખે, તો તે બળો તે ત્રિકોણની બાજુ સાથે પ્રમાણમાં થશે તેટલામાટે (वअ): (वड) અથવા (अक)::

આકૃતિ ૧૨૫.

(પ) : (વ); પણ (વઅ) : (અક) : : (અક) : (અન) :
તેટલામાટે જો ઢોળાવની લંબાઈ ૨૦ ફુટ હશે અને ઉંચાઈ એક ફુટ હશે તો એક શેરની શક્તિ ૨૦ શેરના વજનને ધારણ કરશે.

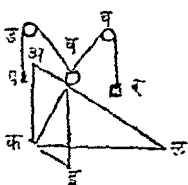
જારે એવું કહિયે છૈયે કે શક્તિ વજનને ધારણ કરેછે તે ઠેકાણે એમ ન સમજવું કે બધા વજનનું દાબણ શક્તીને પોંહોંચેછે, માત્ર શક્તીના જોરથી તો તે ઢોળાવ ઉપરથી ગબડતો અટકેછે. આખું વજન, શક્તિ અને ઢોળાવ એ બે મળીને ધારણ થાયછે; અને જેટલા વજનને ઢોળાવ ધારણ કરેછે તેટલી ઓછી શક્તિ જોઇએ છૈયે. જેમ જેમ ઢોળાવનો ખુણો ઓછો હોયછે તેમ તેમ વજનનો ઓછો ભાર શક્તીની ઉપર અને વધારે ઢોળાવ ઉપર પડેછે; અને ખુણો વધારે થવાથી વધારે ભાર શક્તિ ઉપર અને ઓછો ઢોળાવ ઉપર પડેછે.

જારે પદાર્થ ઢોળાવ ઉપરથી ગબડેછે તારે ઘર્ષણ તથા તેનું ગુરૂત્વ એ બેનો પ્રતિબંધ નડેછે; ગુરૂત્વના જોરથી તે પદાર્થમાં નીચામાં નીચે ગબડવાની પ્રવૃત્તી ઉત્પન્ન થાયછે, અને ઢોળાવના જોરથી તેના પૃથ્વી તરફ સિધા ગબડવાને હરકત પોંહોંચેછે. ગુરૂત્વનો વિચાર કરતી વેળાએ એ આપણે દેખાડેલું છે કે જારે પદાર્થ પોતાના ગુરૂત્વના જોરથી પડેછે, તારે તે પેહેલા સેકંદમાં ૧૬ ફુટ નીચે ઉતરેછે; પણ જો તેને ઢોળાવ ઉપરથી ગબડાવ્યો તો ૧૬ ફુટમાં જેટલો ઢાલ ઉંડો હશે, તેટલો તે ગબડશે: માટે જો ૧૬ ફુટમાં ઢોળાવ ૩ ફુટ ઉંડો

હશે તો તે પેહેલા સેકંદમાં ૩ ફુટ ગબડશે, અને એ પ્રમાણે આગળ પણ.

જો શક્તીનો વ્યાપાર ઢોળાવસાથે સમાંતર માર્ગમાં ન થતાં ૧૨૬ મી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે (वड) ત્રાંસા માર્ગમાં થાય તોપણ ૧૨૫ મી આકૃતિની પેઠે (वक) ને (अल) ઢોળાવઉપર લંબ કીધાથી, તથા (वइ) ને ક્ષિતિજ રેષાઉપર લંબ કીધાથી, અને (इक) ને (वड) સાથે સમાંતર દોર્યાથી, શક્તિ અને વજનનું પ્રમાણ માલમ પડશે.

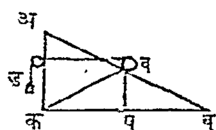
આકૃતિ ૧૨૬.



કેમકે (वड) અને (वइ) લિટીથી જે બળો બતાવેલાં છે, તેઓ અનુક્રમે (प) અને (व) બળોના પ્રમાણમાં છે, અને (वक) લિટી ઢોળાવ ઉપર જે દાબણ થાયછે તેને દેખાડેછે, તે બળના સંઘાતના નિયમ પ્રમાણે તે એ બળની બરોબર છે. એવું ધારિયે કે આ શક્તીને દૂર કીધી, અને બિજીની (जव) માર્ગમાં યોજના કીધી, અને (व) વજન સ્થિર છે એવું માન્યું તો (र) એ કરીને જે શક્તિ બતાવેલી છે તે ઢોળાવની પ્રતિક્રિયા બતાવશે. એ ઠેકાણે (व) વજન ત્રણ બળના જોરથી સ્થિર રેહેછે, તેમધ્યે એક વજનના ગુરુત્વનું બળ, તેનો વ્યાપાર (वइ) ઉર્ધ્વાધર માર્ગમાં થાયછે; બિજું બળ (प) શક્તિ, તેનો વ્યાપાર (वड) માર્ગમાં થાયછે; અને ત્રિજું ઢોળાવની (र) પ્રતિક્રિયા, એનો વ્યાપાર ઢોળાવઉપર જે (वव) લંબ છે તેના માર્ગમાં થાયછે. જો ગુ-

ક્તીનો વ્યાપાર ક્ષિતિજ માર્ગમાં અથવા પાયાસાથે સમાંતર થાય, તો ઉંચાઈ જેમ પાયાને હશે, તેમ શક્તિ વજનને થશે. નીચેની ૧૨૭ મી આકૃતિમાં ધાર કે

આકૃતિ ૧૨૭.

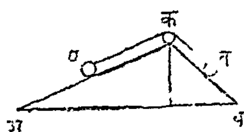


(व) વજન છે, તથા (ड) શક્તિ છે, અને તેનો વ્યાપાર (वड) જે પાયાસાથે સમાંતર છે તેના માર્ગમાં થાયછે; પાછળના ઉદાહરણ પ્રમાણેજ શક્તિ અને વજનનું પ્રમાણ નિકળશે, અને તે ઉપરથી એ માલમ પડશે કે (वड) જેમ (वप) ને અથવા (अक) જેમ (वक) ને, એટલે ઢોળાવની ઉંચાઈ જેમ તેના પાયાને, તેમ શક્તિ વજનને થશે. એ ઉપરના દાખલાઓથી જલદી માલમ પડશે કે, જારે શક્તિ ૧૨૫ મી આકૃતિપ્રમાણે ઢોળાવસાથે સમાંતર હોયછે, તારે તેથકી ઘણું ફળ ઉત્પન્ન થાયછે; કેમકે જો ૧૨૬ મી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે તેનો વ્યાપાર ત્રાંસા માર્ગમાં થાય તો, એ ખુલ્લું છે કે શક્તીનો થોડોએક ભાગ વજનને ઢોળાવઉપરથી ઉંચું કરવામાં જાયછે; અને જો ૧૨૭ મી આકૃતિપ્રમાણે તેનો વ્યાપાર ઢોળાવની નીચે રહીને પાયાસાથે સમાંતર માર્ગમાં થાય તો તેનો થોડોએક ભાગ વજનને ઢોળાવઉપર દાબી રાખવામાં જાયછે; પણ જારે તેનો વ્યાપાર ઢોળાવસાથે સમાંતર માર્ગમાં થાયછે; તારે તેનું આખું બળ વજનને ઢોળાવની ઉપરની તરફ ખેંચવાના કામમાં આવેછે; પણ ઉપર કહેલી બે રીતે જારે શક્તીનો વ્યાપાર થાયછે, તારે કાંઈ એ પ્રમાણે બનતું નથી, તે વે-

જાએ તો માત્ર તેના થોડા ભાગથી વજન ઉપર ખેંચાયછે.

કોઈવેળાએ એક ઢોળાવઉપર જે વજન હોયછે તેને બિજા ઢોળાવઉપરના વજનથી આધાર મળેછે; એ ઠેકાણે તે બે વજનો અરસ્પરસને થશે, જેવી તેઓના ઢોળાવની લંબાઈ. ૧૨૮ મી આકૃતિમાં બે ઢોળાવ દેખાડેલા છે; તેની અંદર બેઉની ઉંચાઈ બરોબર છે, પણ ખુણા સમાન નથી. (ब) અને (प) બે વજનો બેઉ ઢોળાવઉપર રેહેછે, અને (क) ધરેડીમાં રહીને જે દોરો જાયછે તેના બે છેડા બંને વજનોસાથે બાંધેલા છે. હવે જો

આકૃતિ ૧૨૮.

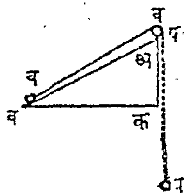


મોટા ઢોળાવની લંબાઈ (अ) થી તે (क) સુધી બે ફુટ હશે, અને નાહાનાની (ब) થી તે (क) સુધીની એક ફુટ હશે, તો ટુંકા ઢોળાવઉપર ૪ શેરનું વજન મુક્યું તો તે લાંબા ઉપરના ૮ શેરને સમતોલ રાખશે. દેશ સંબંધી મોટા મોટા કામમાં જાંહાં જુદા જુદા ઢાળના રેલરોડ એટલે લોહોડાના રસ્તા બનાવેલા છે તે ઠેકાણે ભારી બોજને બે પાસે પાસેના ઢોળાવઉપરથી ઉતારેછે. એક ભારે ભરેલું ગાડું એક ઢોળાવઉપરથી ઉતરેછે, અને તેના જોરથી બિજા ઢોળાવઉપરથી ખાલી અથવા હલકા ભારનું ગાડું ઉપર આવેછે.

ગુણદ્વેગના બીજનો નિયમ સેહેલથી ઢોળાવને લગાડતાં આવડશે. નીચેના દાખલા ઉપરથી માલમ પડશે

કે જો બે બળ ઢોળાવઉપર અરસ્પરસને સમતોલ રાખે-છે તેમને જો ગતિમંદ કીધાં, તો શક્તિ અને તે જેટ-લો પ્રદેશ ગમન કરેછે તેનો ગુણાકાર, વજન અને તે ઉર્ધ્વાધર માર્ગમાં જેટલું ઉંચું આવેછે તેનો ગુણાકાર બરોબર થશે. મનમાં આણુ કે ૧૨૯ મી આકૃતિમાં (अ क) ઢોળાવ છે, અને (व) વજન તેને (व) તળીએ મુકેલું છે, અને (प) શક્તિ તેને મથાળે છે. હવે જો વજનને તે ઢોળાવને મથાળે આવે તાંહાંસુધી ઉ-પર તાણ્યું તો (व), ઢોળાવની ઉં-

આકૃતિ ૧૨૯.

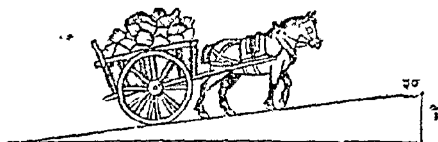


ચાઈ જેટલું ઉપર આવશે; પણ (प) શક્તિ તો ઘેરેડી-માંથી જેટલું આ દોરડું નિકળશે તેટલી નીચે ઉતરશે; એ ઉઘાડુંજ છે કે ઢોળાવની લંબાઈ જેટલું દોરડું ઘેરેડીમાંથી નિકળશે. તેટલામાટે (प) શક્તીને તે જેટલું ગમન કરેછે તેણે ગુણી તો, તે ગુણાકાર (व) ને તે ઉર્ધ્વાધર માર્ગમાં જેટલો ઉપર આવેછે તેણે ગુણિયે તેની બરોબર થશે. ઉદાહરણ, જો ઢોળાવની ઉંચાઈ એક ફુટ હશે, અને તેની લંબાઈ ૫૦ ફુટ હશે, તથા (व) વજન ૫૦ શેરનું અને (प) એક શેરનું, તો (प) ૫૦ ફુટ ઉતરશે તેટલી વખતમાં (व) વજન માત્ર એક ફુટ ઉંચે આવશે. તેટલામાટે બિજી યાંત્રિક શક્તીની પેઠે ઢોળાવમાં પણ જેટલું યાંત્રિક ફળ ઉત્પન્ન થાયછે, તેટલી વેગની હા-ની પોહોંચેછે.

રસ્તાનો ઢાળ, અમુક લંબાઈએ તે જેટલો જેટલો

ઉંચો થતો જાયછે તેઉપરથી ગણાયછે. જારે ૨૦ ફુટ-ની લંબાઇએ રસ્તો એક એક ફુટ ઉંચો થાયછે, તારે ૨૦ ફુટે એક ફુટનો ઢાળ છે એમ કેહેવાયછે. ૧૩૦ મી આકૃતિમાં જે ધાટ ઉપર ઘોડો ભાર ખેંચી લઈ જાયછે તેનો ઢાળ ૨૦ ફુટે એક ફુટનો છે તેથી કરીને બોજાના $\frac{1}{20}$

આકૃતિ ૧૩૦.



જેટલુંજ તેને ખેંચવાને ઘોડાને જોર કરવું પડેછે; કારણ કે જારે ગાડું ૨૦ ફુટ ખસેછે તારે વજન માત્ર એક ફુટ ઉંચું આવેછે.

જો કોઈ ઢોળાવની ઉંચાઈ ૬૪ ફુટ હશે, અને તેની લંબાઈ તેથી ત્રણગણી ઇઆને ૧૯૨ ફુટ હશે, તો ૬ સેકંદમાં એક ગોળો તેના મથાળાથી ગબડીને નીચે આવશે. ગુરૂત્વાકર્ષણના જોરથી તે બે સેકંદમાં નીચો આવશે કારણ કે બેનો વર્ગ જે ચાર તેને જો શોળે ગુણ્યા તો ગુણાકાર ઉંચાઇની બરોબર એટલે ૬૪ થાયછે. પણ ઉંચાઈ કરતાં ઢોળાવ ત્રણગણો મોટો છે માટે તેને તેના ઉપરથી ગબડવાને તેથી ત્રમણાં એટલે ૬ સેકંદ લાગશે.*

---

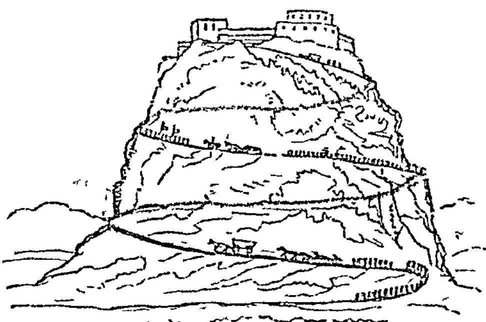
* ઉપરના ઉદાહરણમાં ઢોળાવ ઉપરથી પદાર્થના ગબડવાથી જે કાર્ય ઉત્પન્ન થાયછે તેનો વિચાર કીધો ન-

તેટલામાટે હરેક ઠેકાણે એક સેહેલ ત્રૈરાશિકનો હિસાબ ગણ્યાથી ઢોળાવની યાંત્રિક શક્તિ માલમ પડશે; ઉદાહરણ જેનો ઢાળ ૧૫ ફુટે ૬ ફુટ હોય એવા ઢોળાવ ઉપર ૩૭૫ શેરના વજનને સમતોલ રાખવાને કેટલું બળ જોઇશે એ જાણવાની ઇછા હશે, તો નીચે પ્રમાણે પ્રમાણ મુક્યાથી તે માલમ પડશે: એટલે ૧૫: ૬ : : ૩૭૫: શક્તિને થશે: માટે ચોથું પ્રમાણ જે ૧૫૦ તે ઇચ્છેલું બળ જાણવું. હવે જો એ ઉપરનું ૧૫૦ શેરનું બળ તેવાજ ઢોળાવ ઉપર કેટલા શેરના વજનને ધારણ કરશે તે જાણવાની ઇચ્છા હોય, તો એથી ઉલટું પ્રમાણ માંડવું; એટલે, ૬: ૧૫ : : ૧૫૦ : ઇચ્છેલા વજનને; એટલે, ૩૭૫ શેરને થશે. અને સઘલાં સરૂપ ત્રિકોણમાં એકજ જાતનું પ્રમાણ કાયમ રેહેછે, માટે ઢોળાવની યાંત્રિક શક્તીનો નિશ્ચય કરવાને તેનો ગમે તેટલો ભાગ લીધો તો ચાલશે, માત્ર એટલુંજ તપાસવું કે તે ભાગ સમાન સફાઇનો હોય. કેમકે ૧૨૭ મી આકૃતિમાં (अक) ભિંટીની લંબાઈ (अब) કરતાં અર્ધી છે તેજ પ્રમાણે (वप) ની લંબાઈ પણ (वत्र) કરતાં અર્ધી થશે. માટે ઢોળાવની યાંત્રિક શક્તિ શોધી કાહાડવાને તેનો

થી. જે પદાર્થ ગબડતો હોય તે સિલિંડર અથવા ગોટિલો હોયછે તે પ્રમાણે તેના નીચે આવવામાં અંતર પડેછે, પછી તે પદાર્થ નક્કર કિંવા પોલો હોય; પણ એ વિષય ઘણો કઠણ છે માટે આ તત્વબોધક ગ્રંથમાં તેનો વિચાર કીધો નથી.

ગમે તેવો ભાગ લીધો તો ચાલશે, માત્ર એટલુંજ કે તે ભાગનો એક છેડો બિજા છેડા કરતાં કેટલો ઉંચો છે એનો નિશ્ચય કરવો પડશે; અને હર કોઈ ડુંગરનો એક ભાગ બિજા ભાગ કરતાં કેટલો ઉંચો છે તેનો નિશ્ચય કરવો હશે તો માપણીના યંત્રથી ઘણો સેહેલથી થશે.

બિજાં યંત્રોવતી ભારી વજનને ઉંચે ચઢાવવાને ઘણેક પ્રસંગે અચળ ઢોળાવ કામમાં આવેછે. અસલના વારામાં જે મોટી મોટી ઇમારતો બંધાઈ છે, જેવા કે ઇજિપ્ત દેશના મનારા અને ઇંગ્લંડ દેશના દેહેરાં, તેની અંદર જે મોટા મોટા પથ્થરની ગદાઓ કામમાં લીધો છે, તે મટોડાના અથવા પાલકના ઢોળાવ કરીને ઉચ્ચાલન તથા ખુંધાંની મદદથી ઉપર ચઢાવેલિઓ છે એમ ધાર્યામાં આવેછે. જારે ડુંગર, ઉપર ચઢાય નહીં



એવો ઉંચો હોયછે, તારે ઉંચા ભાગની આસપાસ, અથવા નહીં તો આગળની તરફ વાંકો ચુંકો રસ્તો બાંધ્યાંમાં આવેછે. ઉંચા ડુંગર ઉપર બગી લઈ જતી વેળાએ જો ઘોડાને સીધો ન લઈ જતાં વાંકો ચુંકો રસ્તાની

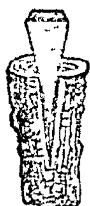
એક બાજુ ઉપરથી બિજી બાજુએ લઈ જઈએ તો તેને ઘણું ઓછું જોર પડશે. ઘણીએક વખત એક નેહેરમાંથી બિજી નેહેરમાં મછવા લઈ જવાને ઢોળાવનો ઉપયોગ કીધામાં આવેછે. સઘળી જાતના દાદરો ઢોળાવ છે, અને પગથિયાં ફ્કત મજબુતીથી પગને આધાર આપવાને માટે છે. વાહાણને પાણીમાં ઉતારેવા માટે અથવા પાણીમાંથી જમીન ઉપર લેવામાટે ઉતરતો ઢાળ રાખવાસારૂ તેનો ઉપયોગ કીધામાં આવેછે.

ભાગ અગિયારમો.

ફ્રાચર વિશે.

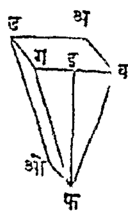
ફ્રાચરનો આકાર ત્રિકોણ પ્રિઝમના જેવો છે; એ નક્કર લોહોડાના, લાકડાના, અથવા હરેક જાતના બિજા પદાર્થથી બનેછે, અને ઘણી ખરી વાર એ લાકડાં ચીરવાના કામમાં આવેછે, અને તે વેળાએ ૧૩૧ મી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે જે આગળથી ચીર કીધેલી હોયછે તેની અંદર તેને ખોસેછે; પછી તેના માથા ઉપર હથોડી અથવા કાંઈ બિજી ભારે વસ્તુ મારીને તેને અંદર દાખલ કરેછે.

આકૃતિ ૧૩૧.



પાસેની ૧૩૨ મી આકૃતિમાં (अ ड) તેની (अ व ग ड) પીઠની જાડાઈ બતાવેછે, અને તેના ઉપર શક્તિની યોજના થાયછે; (इ फ) ફ્રાચરની ઉંચાઈ અથવા ઉંડાઈ છે; (व फ) તેની એક બાજુની લંબાઈ છે, અને (ओ फ) તેની તીણી ધાર છે. એ ઉઘાડુંજ છે કે ૧૩૨ મી આકૃતિમાં જે ફ્રાચર બતાવી છે તેના કરતાં ૧૩૧

આકૃતિ ૧૩૨.



મી આકૃતિમાં જે બતાવી છે તે હરકોઈ બે પદાર્થની અંદર ઘણી જલદીથી પેસસે; પણ બિજી જે મુસ્કેલીથી દાખલ થાયછે તેના કરતાં તે ઘણી નાહાની ચીર પાડશે. ૧૩૧ મી આકૃતિમાં જે નાહાની ફ્રાચર છે તેથી થોડું કાર્ય ઉત્પન્ન થશે. અને તેમ તેને પ્રતિબંધ પણ ઓછો નડશે. ૧૩૨ મી આકૃતિમાં જે મોટી ફ્રાચર છે તેથી કાર્ય બોહોલું થશે, તેમ તેને પ્રતિબંધ પણ વિશેષ નડશે. ફ્રાચરની યાંત્રિક શક્તિ નીચેની રીતિ પ્રમાણે ગણાયછે: તે રીતિ એ કે, તેની પીઠની પોહોળાઈ જેમ તેની એક બાજુની લંબાઈને છે, તેમ શક્તિ દર વખતના પ્રતિરોધને થશે; પણ પ્રતિબંધને કેટલી અસર પોંહોંચેછે તેનું બરોબર પ્રમાણ કાહાડવું ઘણું કઠણ પડેછે, કેમકે જે બળ લગાડિયે છૈયે અથવા જેટલા ઘા મારિયે છૈયે તેની સંખ્યાને, તથા જુદી જુદી જાતનો પ્રતિબંધ નડેછે, તેને સ્વાધિન ઘણી ખરી એ વાત છે. કઠણ લાકડું જેવું કે સીસમ, સાગ એઓને ફાડવાને દેવદાર કરતાં વધારે શક્તિ લગાડવી પડેછે. ભારે ઢાળના ઢોળાવ ઉપરે ભારી બોજાને ગબડાવવાને જે કારણમાટે મુસ્કેળ પડેછે તેજ કારણમાટે વધારે ત્રાંસી ફ્રાચરને આગળ હડસેલવાને કઠણ પડેછે. જો ફ્રાચરનો ખુણો માલમ હશે તથા પ્રત્યેક ઘાનું બરોબર બળ માલમ હશે તો પણ સાધારણ દાખલાઓમાં ફ્રાચરની શક્તિનો નિશ્ચય કરવો ઘણો કઠણ પડશે. એનું દૃષ્ટાંત એ કે જારે લાકડું ચીરિયે છૈયે અથવા પથ્થર ફોડિયે છૈયે, તારે જે ભાગ જુદા પડેછે તેમનો વ્યાપાર

ઉચ્ચાલન પ્રમાણે થાયછે, અને તેથી ફાચરને માટે રસ્તો કરવાને તેની મદદ પોંહોંચેછે, અને એટલામાટેજ અવશ્ય કરીને તેની શક્તિ વધેછે. ફાચરનો ગણિતરૂપ વિચાર આ ઠેકાણે કીધો નથી, કેમકે તેમાં સારી પેઠે હિસાબનું જ્ઞાન જોઇએ છૈયે, તથા તેની અંદર જે કલ્પના કીધામાં આવેછે તે પ્રમાણે વ્યવહારમાં કાંઇજ બનતું નથી.

ફાચરની યોજના બિજાં યંત્ર કરતાં કાંઇ ઓછી થતી નથી. વાંસલા, ખીલા, સાહાડુી, સોય, કુવાડા, તરવાર, ઇત્યાદિ હથિયારોનો વ્યાપાર ફાચરના મૂળ તત્વ ઉપરથી થાયછે. વળી બિજે ઘણેએક ઠેકાણે જાંહાં બિજી યાંત્રિક શક્તિઓનું કાંઇ જોર ચાલતું નથી તાંહાં પણ એનો ઉપયોગ કીધામાં આવેછે. એના ઉપર ઘા માર્યાંથી એ અંદર જાયછે, તેથી કરીનેજ એ સરળ પડેછે; અને એ કારણ માટેજ ઉચ્ચાલનનાં જોરથી જે દાબણ ઉત્પન્ન થાયછે તેની સાથે જોતાં એથી વેગમાન અધિક ઉત્પન્ન થાયછે. ફાચરની અત્યંત શક્તિ છે એનો દાખલો એ કે, મોટાં મોટાં વાહાણો જે ગોદીમાં હોયછે તેમના પહાણમાં ફાચર માર્યાંથી તેઓ સેહેલથી ઉંચકાયછે. કોઈ કોઇવેળાએ પાયાને હવા લાગ્યાથી ઘરની અંદર ધુમાડિયું અથવા ભઠ્ઠી નમી જાયછે, તેવે ઠેકાણે તેની એક બાજુમાં ફાચર માર્યાંથી દીવાલ પાછી લંબમાં આવેછે. કોઇ વેળાએ ખડક ફોડવાના કામમાં તે આવેછે, અને તેવે ઠેકાણે ઉચ્ચાલન, આંસ અને ચક્ર, અથવા કપ્પી એનું કાંઇપણ જોર ચાલતું નથી

કેમકે ધા માર્યાથી તેની પાસેના ભાગ હાલેછે અને તેથી કરીને તેમને છુટા પાડવાને ઘણું મેહેલ પડેછે. ઇંગ્લંડની અંદર ડરબીશાયરમાં કેટલેક ઠેકાણે ઘંટીના પથ્થર સીલીકાવાળા* રેતીના ખડકસાથે મળેલા હોયછે તે છુટા પાડવાસારૂ, જે પથ્થર જુદો પાડવો હોયછે તેની અંદર કાણા પાડીને તેમાં સુકી લાકડાની ફાચરો ઘાલેછે; પછી જમીનની હવાને લીધે ફાચરો ધીમે ધીમે ફુલેછે, અને એક અથવા બે દિવસમાં ઘંટીનો પથ્થર વગર ભાંગવે ઉપર નિકળી આવેછે. પાલક બાંધતી વેળાએ મજુરો સાકટા અને દોરડાં વચ્ચે ફાચર ઘાલીને દોરડાંને શખ્ત રાખેછે.

ચપ્પુ જારે ચીરવાના કામમાં આવેછે તારે તેનો વ્યાપાર ફાચર પ્રમાણે થાયછે એમ ધાર્યું તો ચાલશે; પણ જો તેની ધાર સૂક્ષ્મદર્શકે વતી તપાસી તો તે બારિક કરવત પ્રમાણે માલમ પડશે; અને એ વાત તેની ફક્ત ધારથી હરેક પદાર્થ કપાત તેના કરતાં જે પદાર્થ કાપવાનો હોયછે તેના ઉપર પાનાને કરવત પ્રમાણે ફેરવ્યાથી જલદી કપાયછે. તેથી ખુલ્લી માલમ પડેછે.

પોર્ટસ્મૌથની ગોદીમાં મોટા લોહોડાના અને ત્રાંબાના ખીલા ઠોકી બેસાડવાને તથા દાબીને ખોસવાને કેટલું કેટલું બળ લગાડવું પડેછે તે વિશે પ્રયોગ કીધા છે તે ઉપરથી માલમ પડેછે કે, સાધારણ કૌ-

---

* એક જાતની મૃત્તિકા છે, અને ચકમકની પથરીમાં એનો બોહોલો ભાગ હોયછે.

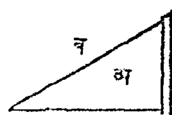
વતવાળો માણસ ૧૮ પૌંડ ભારે અને ૪૨ ઇંચ લાંબા હાથાની હથોડીથી ઘા કરે તો પ્રત્યેક ઘા વખત તે આસરે ૧/૬ ઇંચ ખીલાને અંદર પેસાડશે, પણ તે ખીલાને તેટલોજ અંદર દાબવાને ૧૦૭ ટનનું દાબણ કરવું પડશે; અને જો થોડુંએક દાબણ વધાર્યું તો તે ખસ્કો અંદર જશે.

ભાગ બારમો.

મળસૂત્ર.

ખરૂં જોતાં મળસૂત્ર અમિશ્ર યાંત્રીક શક્તિ છે એમ કેહેવાઈ શકાતું નથી, કેમકે તેને ફેરવવાને ઉચ્ચાલન અથવા દાંડાની મદદ લીધા શિવાય તે ક્વચિતજ કામમાં આવેછે; જારે એ પ્રમાણે તેને મદદ મળેછે તારે એ મોટા બળનું મિશ્ર યંત્ર થાયછે, અને પછી તેથી પદાર્થો દાબી શકાયછે, તથા મોટાં વજનોને ઉંચાં કરાયછે. મળસૂત્ર ઢોળાવનું રૂપાંતર છે એમ ધાર્યું તો ચાલશે, અને એ વાત ૧૩૩ મી આકૃતિ પ્રમાણે (अ) કાગળને ઢોળાવના આકાર જેવો કાપીને (ड) આંકણી અથવા હરેક ગોળ વસ્તૂ ઉપર વિટ્યાથી માલમ પડશે; પછી તેની (व) કોરથી જે આંકણી ઉપર મળસૂત્રાકાર કાપા પડશે તે તેના પેચનું સ્વરૂપ બતાવશે. કાગળને આંકણી ઉપર તંગ વિટાળ્યાથી તે ૧૩૪ મી આકૃતિ પ્રમાણે માલમ પડશે. ઢોળાવ અને ફાચરની અંદર તેમની સફાઈ ઉપર ભાર

આકૃતિ ૧૩૩.

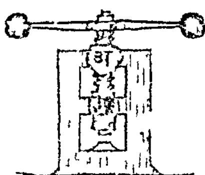


આકૃતિ ૧૩૪.

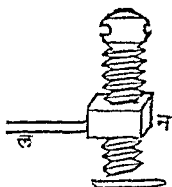


મુકવામાં આવેછે તે પ્રમાણે મળસૂત્રમાં કાંઈ પેચની ઉપર મુકાતો નથી. શક્તીનો બ્યાર એક બિજું મળસૂત્ર જેને માકડી કેહેછે તેની અંદર રહીને થાયછે. માકડી એક પોલા સિલિંડરથી બનેછે, અને તેની માંહે લાટના પેચ બરોબર આવી રેહે એવી મળમૂત્રાકાર ખોભણ કીધેલી હોયછે. આ યંત્રથી શક્તીનું કાર્ય પ્રતિબંધને પોંહોંચાડવાસારૂ લાટ અથવા માકડી બેમાંથી એક જડી લેવી જોઇએ. જો માકડી જડી લીધેલી હોય, તો લાટ જાંહાં સુધી ફરતી ફરતી તેના મથાળા સુધી આવે તાંહાં સુધી તેને એક નાકે ઉચ્ચાલન ભેરવીને ફેરવવી જોઇએ; જો લાટ જડેલી હોય તો માકડી મળસૂત્રને તળીએથી તે તેને મથાળે આવે તાંહાંસુધી તને ઉચ્ચાલને કરીને ફેરવવી જોઇએ. ૧૩૫ મી આકૃતિમાં (અ) જડેલી માકડી દેખાડેલી છે. જો લાટને જમણી તરફ ફેરવી તો તે નીચે ઉતરતી જશે પણ માકડી સ્થિર રેહેશે. ૧૩૬ મી આકૃતિમાં લાટ જડી લીધેલી છે; અને (લ)

આકૃતિ ૧૩૫.



આકૃતિ ૧૩૬.



ઉચ્ચાલને કરીને માકડીને ડાબી તરફથી જમણી તરફ ફેરવી તો તે લાટની નીચે ઉતરશે. મળસૂત્રથી કેટલો નફો થાયછે તે જાણવામાટે જે સિલિંડરની ઉપર મળ-

સૂત્રના આમટા પાડેલા હોયછે તેનો પરિઘ તથા મળસૂત્રના આંટા વચ્ચેનું અંતર એનો વિચાર કરવો જોઇએ. એ ઉઘાડું છે કે એક આંટામાં રહીને બિજાને પ્રતિબંધ પોંહોંચે એટલી વારમાં દાંડો એક વાર ફેરવવો પડશે; તેટલામાટે દાંડો જે વર્તુળમાં ગમન કરેછે તેનો પરિઘ મળસૂત્રના પેચ વચ્ચેના અંતર કરતાં જેટલો વધારે હશે તેટલી મળસૂત્રની યાંત્રિક શક્તિ જાણવી.

એ ઉપરથી એ નિકળેછે કે દાંડો જેમ લાંબો હશે અને પેચના આંટા જેમ પાસે હશે તેમ મળસૂત્રની શક્તિ વધતી જશે. તેટલામાટે એ યંત્રની યાંત્રિક શક્તિ વધારવાસારૂ જોઇએ તો દાંડાની લંબાઈ વધારવી, નહીં તો પ્રત્યેક પેચની વચમાનું અંતર ઓછું કરવું. ઉદાહરણ, જો કયાપણ બે મળસૂત્રના સિલિંડરનો પરિઘ બરોબર હોય, પણ એકના પેચના આંટા એક એક ઇંચ દૂર હોય અને બિજાના ત્રણ ત્રણ ઇંચને અંતરે હોય, તો ઉતરણના મૂળ તત્વ ઉપરથી એ સાફ માલમ પડશે કે, જે મળસૂત્રના આંટા એક એક ઇંચને છેડે હશે તેની શક્તિ, જેના આંટા ત્રણ ત્રણ ઇંચને અંતરે હશે તેના કરતાં ત્રણગણી થશે. પછવાડે એ બતાવ્યું છે કે જો કયાપણ બે ઢોળાવની ઉંચાઈ બરોબર હશે, પણ એકના પાયાની લંબાઈ બિજા કરતા ત્રમણી હશે, તો જેનો પાયો ત્રણગણો મોટો હશે તેથી બિજા કરતાં ત્રણગણું વધારે યાંત્રિક ફળ ઉત્પન્ન થશે, તેમ અમુક ઉંચાઈ ચડવાને તેના ઉપર બિજા કરતાં વાર પણ ત્રમણી લાગશે; મળસૂત્રને એ મૂળ તત્વ લગાડ્યાથી એ સ્પષ્ટ

માલમ પડેછે કે, સમાન અંતર નીચે ઉતરવાને જેના આંટા ત્રણ ત્રણ ઇંચ દૂર છે તેમાં, જેના એક એક ઇંચ દૂર છે તેના કરતાં ત્રણગણો વખત લાગશે; હવે જેટલું યાંત્રિક ફળ ઉત્પન્ન થાયછે, તેના પ્રમાણમાં ગમન થાયછે અથવા કાળનો વ્યય થાયછે, તે ઉપરથી એ નિકળેછે કે, ત્રણ ઇંચ આઘેના આંટાવાળા મળસૂત્ર કરતાં એક ઇંચ આઘેનાં આંટાવાળાથી ત્રણગણો નફો થશે.

ઉચ્ચાલનની યોજના કીધાવિનાના મળસૂત્રની શક્તિ નીચેના પ્રમાણ ઉપરથી માલમ પડશે: એટલે, લાટનો પરિધ જેમ આંટાની વચ્ચેના અંતરને છે, તેમ ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યને થશે. પણ ઉચ્ચાલનવિના ક્વચિતજ એ યંત્ર કામમાં આવેછે, માટે લાટના પરિધને ઠેકાણે દાંડાનો છેડો જે વર્તુળ કરેછે તેનો પરિધ ગણ્યામાં આવેછે. ઉચ્ચાલનસહિત મળસૂત્રનું કાર્ય ગણવાને ઉચ્ચાલન જે વર્તુળમાં ફરેછે તેના પરિધને શક્તિએ ગુણવો. તેટલામાટે મળસૂત્રની અંદર શક્તીને તે જે વર્તુળમાં ફરેછે તેના પરિધે ગુણી તો તે ગુણાકાર, ઉચ્ચાલ્ય ઇયાને પ્રતિહત બળને બે પાસેના પેચના અંતરે ગુણીએ તેની બરોબર થશે.

તેટલામાટે જો ઉચ્ચાલનની લંબાઈ, બે પેચ વચ્ચેનું અંતર, અને જે બોજ ઉંચકવાનો હોય તેનું વજન, એ આપેલું હોય તો, ઉચ્ચાલકનું વજન તરત માલમ પડશે; અથવા મળસૂત્રની સહાયતાથી કેટલું વજન ઉંચું થશે, એ જાણવું હશે તો, શક્તિ, બે પેચવચ્ચેનું અંતર, અને

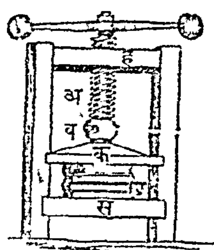
ઉચ્ચાલનની લંબાઈ એટલું જાણવું જોઈશે. મનમાં આણ કે એક મળસૂત્ર જેના પેચ અર્ધી અર્ધી ઇંચને છેટે છે, તથા જેનો દાંડો છ ફુટ લાંબો છે તેથી કેટલો નફો થાયછે, તે શોધી કાહાડવાનું છે. હવે કયા પણ ગોળની ત્રિજ્યા આપેલી હોય તેને જો છ એ ગુણી તો તે ગુણાકાર પરિઘની પાસે પાસે થશે. કેમકે પરિઘ છગણી ત્રિજ્યાથી લગારેક વધારેછે; પણ સાધારણ કામમાં છગણી ત્રિજ્યા લીધી તો ચાલશે, માટે ધાર કે પરિઘ, ત્રિજ્યાથી છજગણો મોટો છે. ઉપરના દાખલામાં દાંડાની લંબાઈ છ ફુટ છે તેથી, તે જે વર્તુળમાં ફરશે તેના પરિઘની લંબાઈ ૬×૬=૩૬ ફુટ અથવા ૪૩૨ ઇંચ થશે; પણ દાંડો એક વાર ફરેછે તેટલા વખતમાં મળસૂત્ર માત્ર અર્ધો ઇંચ નીચે આવેછે, તેટલામાટે ઉચ્ચાલકને સમાન વખતમાં ઉચ્ચાલ્ય કરતાં ૮૬૪ ગણું વધારે ગમન કરવું પડશે; માટે ૧ જેમ ૮૬૪ ને તેમ ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યને થશે, અથવા બિજી રીતે કહિયે તો દાંડાઉપર એક શેરનું બળ કીધું તો તે મળસૂત્ર ઉપર ૮૬૪ શેર જેટલા બળની ક્રિયા થશે તેને સમતોલ રાખશે. એ ઉપરથી એવું નિકળેછે કે મળસૂત્રની યાંત્રિક શક્તિ વધારવાના બે રસ્તા છે; જોઈએ તો જે ઉચ્ચાલને કરીને તે ફરેછે તેની લંબાઈ વધારવી, અથવા તેમ નહીં તો પેચ વચ્ચેનું અંતર કમી કરવું. હવે ધાર કે મળસૂત્રના પેચ એવા તો બારિક છે કે તેઓ માત્ર પા પા ઇંચને છેટે છે, અને ઉચ્ચાલનની લંબાઈ ૧૦ ફુટ ર્હાને ૧૨૦ ઇંચ છે; આ ઠેકાણે ઉચ્ચાલનની લંબાઈ ૧૦ ફુટ

છે તેથી તેનો પરિઘ ૧૦×૬=૬૦ ફુટ એટલે ૭૨૦ ઇંચ અથવા ૨૮૮૦ પા ઇંચ થશે; વલી પેચ વચ્ચેનું અંતર માત્ર પા ઇંચ છે તેથી સમાન વખતમાં ઉચ્ચાલ્ય કરતાં ઉચ્ચાલકને ૨૮૮૦ ગણું વધારે ગમન કરવું પડશે; તેટલામાટે ઉચ્ચાલનને છેડે એક શેર જેટલા બળની યોજના કીધી તો તે ૨૮૮૦ શેર બોજાને ઉંચકશે. એ છતાં પણ હિયાં એ જણાવવાની જરૂર છે કે, મળસૂત્રના ભાગોનું ઘર્ષણ એટલું તો થાયછે કે હિસાબ પ્રમાણે જેટલી એની શક્તિ થવી જોઇએ તે કરતાં વ્યવહારમાં ઘણીજ કમ માલમ પડેછે, કેમકે એ યંત્રથી જે ઘર્ષણ થાયછે તેને લીધે પ્રાય: શક્તિના ⅔ જેટલું બળ વધારે લાગેછે.

સઘળી યાંત્રિક શક્તિ કરતાં મળસૂત્રથી વધારે દાબણ કરાયછે. અને એનો વ્યાપાર હમેશાં જારી રેહેછે, તથા દાબણ પણ કાયમ રેહેછે. ઉચ્ચાલનનો વ્યાપાર વારે વારે બદલાયછે તથા દાબણ પણ રહી રહીને થાયછે. પણ મળસૂત્રનો વ્યાપાર તો એકસરખા દાબણથી અને એકજ માર્ગમાં થાયછે, તથા તે દાબણ તેમાં જારી રેહેછે.

પાસેની ૧૩૭ મી આકૃતિમાં ચોપડી બાંધનારા ચોપડી દાબવાને જે સ્થિર સિકંજો રાખેછે તે બતાવેલો છે, વધારે દાબણ કરવાના કામમાં મળસૂત્ર આવેછે તેનો એ સારો દાખલો છે.

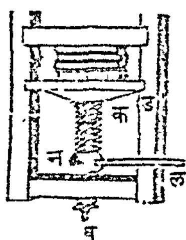
આકૃતિ ૧૩૭.



(અ) લાટના (વ) છેડા ઉપર જે ઉચ્ચાલન છે તેણે કરીને તે

ફેરવ્યામાં આવેછે. તેનો નીચેનો છેડો (क) દાબણ કરનાર પાટિયાં ઉપર રેહેછે; તેટલામાટે જારે લાટને ફેરવિયે છૈયે, તારે (स) જડેલા પાટિયા ઉપર (ड) ચોપડિઓ મેહેલી હોયછે તે દબાયછે; અને લાટને ઉલટી ફેરવ્યાથી પાછું દાબણ તરત દુર થાયછે. એ ઠેકાણે માકડી અચળ રેહેછે કેંમકે તે (ह) જડેલા લાકડાની અંદર છે. આગળની ૧૩૮ મી આકૃતિમાં લાટ

આકૃતિ ૧૩૮.



અચળ છે. અને માકડી ફરતી છે. તેની અંદર (ड) પાટિયું (क.ब) લાટથી ચોકઠાની ઉપર નીચે જાયછે, અને એ લાટ પણ ઉપર નીચે થઈ શકેછે, પરંતુ આસપાસ ફરી શકતી નથીઃ (न) માકડી (ल) ઉચ્ચાલને કરીને ફેરવ્યામાં આવેછે અને તે આસપાસ ફરી શકેછે, પણ લાટ તરફ ઉપર ચઢી શકતી નથી. અને પ્રત્યેક માકડીના આંટાથી લાટ બે પાસેના પેચના અંતર જેટલી ઉપર આવેછે.

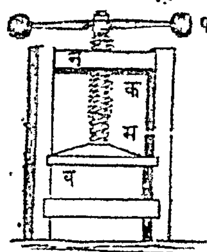
પાછળ એ જણાવ્યું છે કે, મળસૂત્રની અંદર અમુક શક્તીથી કેટલા વજનને આધાર મળશે, તે વાત ઉચ્ચાલનની લંબાઇને તથા બે પાસેના પેચના અંતરને સ્વાધિન છે. એ ઉપરથી એવું નીકળેછે કે જે ઉચ્ચાલન ઉપર શક્તિના યોજના થાયછે તેની લંબાઈ વધાર્યાથી અથવા પેચના અંતર કમી કીધાથી વધારે યાંત્રિક ફળ પ્રાપ્ત થશે, એ પ્રમાણ જોતાં તો મળસૂત્રની શક્તિ

જોઇએ તેટલી વધી શકશે; પરંતુ ઉચ્ચાલનની લંબાઈ વધાર્યાથી ઘણી અડચણ પડેછે, કેમકે તે પ્રમાણે થયાથી શક્તીને લાંબા પ્રદેશમાં ગમન કરવું પડશે, અને તે વાત વ્યવહારમાં બનશે નહીં; અને તેમજ જો મળસૂત્રના પેચ ઘણા બારીક પાડ્યા તો તેમનાથી દાબણું બમારો નહીં અને ભાંગી પડશે. એ અડચણ મિટાડવાસારૂ હંટર્ સાહેબે (૧૩૮) પાને બતાવ્યાપ્રમાણે આંસ અને ચક્રને મળતી એક ડાહાપણ ભરેલી યુક્તિ શોધી કાહાડી છે; તે ઠેકાણે થોડા બળથી ઘણા બળને ધારણ કરવાને જેમ આંસનો એક ભાગ બિજા ભાગ કરતાં જાડો રાખ્યો હોયછે, તેમ આની અંદર બે મળસૂત્ર રાખીને એકને બિજામાં બંધ બેસતું કોર્યું હોયછે. એવા મળસૂત્રની યાંત્રિક શક્તિ, જે બે મળસૂત્રથી બનેછે, તેમના પેચોના અંતર ઉપરથી ગણાતી નથી, પણ તે અંતરોના તફાવત ઉપરથી ગણાયછે. એઉપરથી એવું નિકળેછે કે ગમે તેટલી મંજબુતીના અને મોટાં તે મળસૂત્ર હશે તો ચાલશે, માત્ર એટલુંજ કે તે બેઉની જાડાઈમાં ઘણો તફાવત પડવો ન જોઇએ.

૧૩૯ મી આકૃતિમાં એ જાતનું મળસૂત્ર દેખાડેલું છે. (क) મોટું મળસૂત્ર છે, અને તે (न) જડેલી માકડીમાં ફરેછે. એને પોલો કરીને એની માંહે (म) નાહાના મળસૂત્રને બંધ બેસતા પેચ પાડેલા હોયછે તેથી એ તેની માકડીને ઠેકાણે ચાલેછે; અને એ (म) મળસૂત્ર, (व) પાટિયું જે ઉપર નીચે થાયછે તેની સાથે જડેલું છે. દર એક આમટા વખત (क) સિ

તેના પેચના અંતર જેટલું નીચે ઉતરેછે; અને તેજ વેળાએ (म) નાહાનું સિલિંડર પોતાના પેચના અંતર જેટલું ઉપર આવેછે, અને એ બેઉના વ્યાપારથી (म) નાહાનું મળસૂત્ર અને (व) પાટિયું, એ બેઉ મળસૂત્રના આંગાનાં અંતરના તફાવત જેટલાં નીચે ઉતરશે. જો બેઉ મળસૂત્રના પેચના અંતરો કેવળ બરોબર હોય, અને (क) મળસૂત્રને (फ) ઉચ્ચાલને કરીને ફેરવ્યું તો (व) પાટિયું જે તળે ઉપર થાયછે તે પોતાને ઠેકાણેજ રેહેશે; કેમકે મોટું મળસૂત્ર જેટલું નિચે આવશે, તેટલુંજ નાહાનું ઉપર જશે; પરંતુ જો (म) નાહાના મળસૂત્રના પેચનું અંતર (क) ના પેચના અંતર કરતાં કાંઈક ઓછું હશે તો (व) પાટિયું જે નીચે ઉપર થાયછે તે, (फ) ઉચ્ચાલન દર એક વાર ફરશે એટલી વારમાં (क) અને (म) મળસૂત્રના પેચોના અંતરની બાદબાકી જેટલું નીચે ઉતરશે. એ ઉપરથી સાફ માલમ પડેછે કે કોઈ પણ એક સાદા મળસૂત્રના પેચનું અંતર આવી જાતના બેઉ મળસૂત્રના પેચોના અંતરની બરોબર હશે, તો તેથી એના જેટલુંજ કાર્ય ઉત્પન્ન થશે; અને તેટલામાટે મિશ્ર મળસૂત્રમાં બેઉ મળસૂત્રના પેચના અંતરની બાદબાકી, જેમ ઉચ્ચાલનનો (फ) છેડો જે વર્તુળમાં ગમન કરશે તેના પરિધને થશે, તેમ ઉચ્ચાલક ઉચ્ચાલ્યને થશે.

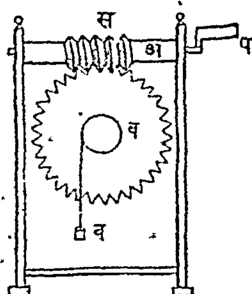
આકૃતિ ૧૩૯.



એ ઉપરના દાખલા ઉપરથી ખુલ્લું માલમ પડશે કે બેઉ મળસૂત્રના પેચોના* અંતરની બાદબાકી જેમ ઓછી થશે, તેમ એ યંત્રની યાંત્રિક શક્તિ અધિક થશે.

કોઈ વાર મળસૂત્રના પેચનો વ્યાપાર માકડીઉપર ન થતાં ૧૪૦ મી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે દાંતાવાળાં ચક્રો ઉપર થાયછે. એવી રીતે મળસૂત્રનો ઉપયોગ થાયછે તારે તેને **અનંત મળસૂત્ર** કેહેછે, કેમકે એનો વ્યાપાર ચક્ર ઉપર જોઈએ એટલી વાર સુધી જારી રેહેછે. એ યંત્રમાં મળસૂત્ર તથા આંસ અને ચક્ર એ બે યાંત્રિક શક્તિનો સમાહાર થાયછે. મનમાં આણ

આકૃતિ ૧૪૦.



કે (स), (अ) લાટ ઉપર જે પેચ પાડેલા છે તેને બતાવેછે, અને તેનો વ્યાપાર (व) ચક્રના દાંતા ઉપર થાયછે અને ધાર કે (प) દાંડા ઉપર શક્તિની યોજના થાયછે. એ ઠેકાણે મળસૂત્રના બે પેચ વચ્ચેનું અંતર બરોબર દાંતાની પોહોળાઈ જેટલું હોવું જોઇએ; તેટલામાટે ચક્રને એક દાંતા જેટલું ફેરવવાને મળસૂત્રને એક આખો આમટો ફેરવવો પડશે. જો (व) ચક્રને ૧૬ દાંતા હશે, તો એ સ્પષ્ટ છે કે (प) દાંડાથી (अ) લાટ અને (स)

---

* પેચોનું અંતર એટલે મળસૂત્રના કયાપણ બે પેચ વચ્ચેનું અંતર સમજવું.

પેચ એક એક વાર ફરશે એટલી વારમાં (ચ) ચક્ર માત્ર એક દાંતા જેટલું ચલન પામશે; અને તેટલામાટે આખા ચક્રને ફેરવવાને ૧૬ વાર લાટને ફેરવવી પડશે.

મળસૂત્રના ઉપયોગ અનેક રીતે થાયછે. મોહોરનું બિમ્બું ધાતુના કડકા ઉપર પાડવાને એનો ઉપયોગ થાયછે. છાપખાનામાં પણ એ કામમાં આવેછે. એની મદદથી રૂની ગાંસડી દબાવ્યામાં આવેછે, અને તેથી તે અસલ પાણીમાં તરે એવી હોયછે તે તેની તળે બેસે એટલી ભારે થાયછે. કોઈ વેળાએ ઘર નમી ગયલાં હોયછે તે થોડાં બળે કરીને એની મદદથી પાછાં ઠેકાણે અણાયછે. ખગોળવિદ્યા સંબંધી ગણિતમાં એથી ઘણી મદદ મળેલી છે, કેમકે એણે કરીને સેહેલથી થોડું અંતર મપાયછે અથવા તેના બરોબર ભાગ થાયછે. એક સાધારણ મળસૂત્રથી એક ઇંચના પાંચ હજાર ભાગ થઈ શકેછે; પણ ઉંચાં કઠણ ખરા લોહોડાનાં મળસૂત્ર જે દૂર્બીન વગેરે યંત્રના કામમાં આવેછે તેણે કરીને એથી પણ વધારે ભાગ થશે. એવા મળસૂત્રને અલ્પાંતર માપક મળસૂત્ર કેહેછે. ચોરસી અને ટોપણ, એ પણ મળસૂત્રના દાખલા છે, અને એ બેઉ, ઢાળાવને શંકુ ઉપર વિંટાળ્યાથી બનેછે એમ ધાર્યું તો ચાલશે. એ હથિયારો નાકેથી અણીવાળાં હોયછે, તેથી કરીને એની શક્તિ ઘણી અધિક થાયછે. જારે ફળ અથવા હરેક વનસ્પતીનો રસ નીચોવી કાહાડવો હોયછે તારે પણ ઘણું કરીને મળસૂત્ર કામમાં આવેછે. સેરડીનો રસ કાહાડવામાટેજ સંચો કામમાં આવેછે તે એ વાતનો દાખલો

છે; અને સઘળે ઠેકાણે જાંહાં ઘણાં બળની જરૂર હોયછે તાંહાં મળસૂત્ર કામમાં આવેછે.

સુના રૂપાના ઘરેણાની પેચવાળી ખીલિઓ, એ પણ મળસૂત્રના દાખલા છે. અને તેની અંદર દાગીનાના ગરજ માફક ખીલીના પેચ પાસે આઘે રાખ્યામાં આવેછે. બુચ ઉઘાડવાને જે મળસૂત્ર કામમાં આવેછે તે ખાલી પેચ હોયછે, માકડી હોતી નથી; અને તેનો ઉપયોગ કાંઈ દાબણ કરવામાટે થતો નથી, તે ફકત તેની માંહે ભરાઈને તેને ખેંચી કાહાડવા માટે કામમાં આવેછે. હાલ તરેહ તરેહનાં બુચનાં મળસૂત્ર બનેલાં છે, અને તેની માંહે એક બિજું મળસૂત્ર હોયછે તેના બ્યાપારથી બુચ ખેંચી કહડાયછે.



ભાગ તેરમો.

ઘર્ષણ.

યંત્રોની શક્તિ ગણતી વેળાએ તેમના ભાગ એક બિજા ઉપર લાગ્યાથી જે ઘર્ષણ થાયછે તેને માટે પુષ્કળ છૂટ મુકવી પડેછે એવું પાછળ બતાવ્યું છે ખરૂં, પરંતુ ઘર્ષણથી યંત્રો ઉપર જે કાર્ય થાયછે તે સારી પેઠે ધ્યાનમાં લેવા જોગ છે તેથી એ વિષયનો વિચાર આ ભાગમાં જુદો કીધો છે.

ઘર્ષણ એટલે એક પદાર્થનું પૃષ્ઠ બિજા પદાર્થના પૃષ્ઠ ઉપર સરકેછે અથવા સરકવાને યત્ન કરેછે તેથી જે કાર્ય થાયછે તે; પદાર્થનાં પૃષ્ઠ ગમે તેવાં લીસાં માલમ પડે તથાપિ તેના આખાં પૃષ્ઠ ઉપર થોડું પણ ખરબચ-ડાપણું હોયાવિના રેહેતું નથી; તેટલા માટે જારે બે પદાર્થ-નો સ્પર્શ થાયછે તારે એકની ઉપરના ઉંચા ભાગ બિજા-ના નીચા ભાગમાં ભરાયછે, અને તેણે કરીને ગતિને પ્રતિબંધ થાયછે. લોહોડું કટાયાથી, લોહોડું પોચું પ-ડ્યાથી અથવા કોહી ગયાથી, અને દોરડાં કઠણ અને અનમ્ર થયાથી યંત્રોના જુદા જુદા ભાગોનું ઘર્ષણ થો-ડાએક વખતમાં વધી જાયછે. બારી અને બારણાને જુના મિજાગ્રાં હોય અને જો તેને ઘણા દાહાડા સુધી ઉઘાડિયે નહીં તો કાટના જોરથી જે ઘર્ષણ ઉત્પન્ન થશે

તેથી તેને ઉઘાડવાને મેહેનત પોંહોંચશે; તેમજ જો તાળું અથવા કુંચી બેઉ કટાઈ ગયાં હોય અને તાળું ઉઘાડવું હોય તો અંદરના પડદાના કાટને લીધે કુંચીને જે હરકત પોંહોંચેછે તેથી ઉઘાડવાને ઘણી મેહેનત પોંહોંચેછે. હરેક જાતના મળસૂત્ર જે ઘણા દાહાડાસુધી કામમાં આવ્યાં ન હોય તેમને ફેરવવાને પણ ઘણી મેહેનત પડેછે.

લોહોડું, લાકડું, ઈંટ, પથ્થર, ઇત્યાદિના એક કડકાનું ઘર્ષણ તેજ જાતના બિજા કડકા ઉપર કેટલું થાયછે એ વાતનો નિશ્ચય તેના એક કડકાનો ઢોળાવ કરીને તેના ઉપર બિજો મુકીને તે ગબડે નહીં તાંહાંસુધી ઢોળાવનો ખુણો વધાર્યાથી થાયછે. એ પ્રમાણે વધારતાં વધારતાં આખર જે ખુણો થાયછે તેને ઇંગ્રેજીમાં એંગલ આવ રિપોઝ (એટલે વિશ્રાંતીનો ખુણો) કેહેછે. એક પૃષ્ઠ બિજા પૃષ્ઠ ઉપર ઘસાયાથી જે ઘર્ષણ ઉત્પન્ન થાયછે તે નીચે કહેલા ઉપાયોથી ઓછું થાયછે.

૧. પૃષ્ઠો એક બિજા સાથે ઘસાયછે તેમને લીસાં કરવાં; પરંતુ તેમને અતિશય લીસાં કરવાં નહીં, કારણ કે ઘણાં લીસાં થયાથી તેઓ એટલાં સંલગ્ન થાયછે કે તેથી સ્નેહાકર્ષણનું પ્રાબલ્ય વધેછે.

૨. જે પદાર્થોનું એક બિજાસાથે ઘર્ષણ થાયછે તેમને જુદી જુદી જાતના રાખવા; દૃષ્ટાંત, જારે ધરી લોહોડાની હોયછે તારે જે ભાગો ઉપર તે રેહેછે તેને પીતળના કોથામાં આવેછે. ઘડિયાળ વગેરે બિજે નાહાનાં યંત્રોમાં ખરા લોહોડાના આંસ હોયછે, અને પ્રાયઃ તે હીરાની અથવા પોખરાજની કણી ઉપર ફરેછે. વિલા-

તો ઘણું લંબાણ થશે, તેથી તેનો વિચાર આ નાહાના ગ્રંથમાં કીધો નથી.

પાછળ જે કહ્યું છે તે ઉપરથી સહજ ધ્યાનમાં આવશે કે પદાર્થનું પૃષ્ઠ જેમ ખડબચડું હશે તથા તેના ઉપર દાબણ જેમ વધતું હશે તેમ ઘર્ષણ વિશેષ થશે. જારે પૃષ્ઠ તેનાં તેજ હોયછે તારે દાબણ બમણું કીધાથી ઘર્ષણ પણ બમણું થાયછે; ત્રણગણું દાબણ કીધાથી ત્રમણું ઘર્ષણ થાયછે; અને એજ પ્રમાણે આગળ પણ.

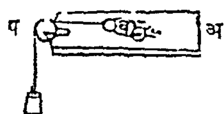
પ્રયોગથકી એ સિદ્ધ થયું છે કે ઘર્ષણ થકી જે પ્રતિબંધ થાયછે તેનું વધવું ઘટવું પદાર્થના પૃષ્ઠનો સ્પર્શ વધારે ઓછો થાયછે તે ઉપરથી થતું નથી; કયે પણ બે ઠેકાણે જે પૃષ્ઠોનો સ્પર્શ થાયછે તે જો એકજાતના હશે તથા દાબણ પણ બરોબર હશે, તો એકના કરતાં બિજે ઠેકાણે વધારે પૃષ્ઠ ઘસાસે તોપણ ઘર્ષણ બરોબરજ થશે. ધાર કે એક ચપટા લાકડાના કડકાની એક બાજુ સોળ ચોરસ ઇંચ છે તથા બિજી ધાર પા ચોરસ ઇંચ છે, હવે જો તેનું મોટું અથવા નાહાનું ગમે તે પાસું બિજા હરકોઈ પદાર્થ ઉપર સરકશે તો ઘર્ષણ સમાનજ થશે: ધાર કે તે કડકાનું વજન ચાર ઔંસ છે; હવે જારે તેની મોટી બાજુ નીચેની તરફ હોયછે તારે ૧૬ ચોરસ ઇંચ ઉપર તેટલાજ વજનનું દાબણ પડેછે, અને તેટલા માટે દર એક ચોરસ ઇંચ ઉપર પા પા ઔંસનું દાબણ થાયછે; તેટલામાટે જેનું પૃષ્ઠ એક ચોરસ ઇંચ છે તથા જેના ઉપર પા ઔંસનું દાબણ થાયછે તેના ઉપર

ઘર્ષણના જોરથી જે પ્રતિબંધ થશે તેના કરતાં આ ઠેકાણે ૧૬ ગણો વધારે થશે.

હવે ધાર કે તે કડકાને ફેરવીને મેહેલ્યો તો એ ઠેકાણે ૫ા ચોરસ ઇંચ ઉપર ચાર ઔંસનું અથવા ૧૬ પા ઔંસનું દાબણ થશે. પણ પાછળ એ બતાવ્યું છે કે જારે પૃષ્ઠો એકજ જાતનાં હોયછે તારે ઘર્ષણનું વધવું ઘટવું દાબણના પ્રમાણ પ્રમાણે થાયછે. એ ઉપરથી એવું નિકળેછે કે એક ચોરસ ઇંચ ઉપર પા ઔંસનું દાબણ થયાથી જેટલું ઘર્ષણ થશે તેના કરતાં એ પા ચોરસ ઇંચ ઉપર ૧૬ ગણું વધારે થશે; પણ ઉપર એ બતાવ્યું છે કે જારે મોટી બાજુ નીચેની તરફ હોયછે તારે પણ એટલુંજ ઘર્ષણ થાયછે.

નીચે પ્રમાણે પ્રયોગ કીધાથી ઘર્ષણના નિયમ માલમ પડશેઃ—ધાર કે ૧૪૨ મી આકૃતિમાં (अ) સીધી સફાઈ ઉપર એક (ब) ગાડી મેહેલેલી છે અને તેની શાથે જે દોરી બાંધેલી છે તે સફાઇ સાથે સમાંતર માર્ગમાં રહીને (प) ચક્ર ઉપર આવે છે; હવે જો એક નાહાનું સરખું વજન દોરીને નાકે ટાંગ્યું તો તેથી તે ગાડી સફાઈ ઉપર ખસવા માંડશે. જો એ ગાડીને ઠેકાણે તેટલીજ ઉંચાઇનો એક ખડબચરો લાકડાનો કડકો મેહે-

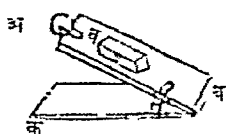
આકૃતિ ૧૪૨.



લ્યો તો ગાડીને ખેંચવાને જેટલું વજન લાગ્યું હશે તેના કરતાં આ ઠેકાણે ભારે જોઇશે. એ બેઉ ઠેકાણે જે ઘર્ષણ થાયછે તેની ખરોખર એ બે વજનો છે. હવે તે લાકડાના કડકા ઉપર તેટલા વજનનો બિજો કડકો મેહેલ્યો તો વજન બમણું થશે, તેથી કરીને દાબણ પણ બમણું થશે, અને એ માલમ પડશે કે આગળના વજનથી ઘર્ષણનો પ્રતિબંધ દૂર થશે નહીં, હવે આગળની પેઠે ઘર્ષણ દૂર થાય એટલુંજ માત્ર બિજું વજન ઉમેર્યું તો એ માલમ પડશે, કે, હાલ જેટલા વજનથી તે ખેંચાશે તે વજન આગળના વજન કરતાં ખરોખર બમણું થશે. એ ઉપરથી સાફ નજર આવેછે કે બમણા દાબણથી બમણું ઘર્ષણ થાયછે.

ટોળાવની મદદથી વળી ઘર્ષણના નિયમો વધારે સ્પ થશે. ધાર કે (अब) ઢોળાંવ ઉપર (ब) લાકડાનો કડકો મેહેલેલો છે, અને એ ટોળાવ (कब) સીધી સફાઈ સાથે મિજાગ્રાંથી જડી લીધેલો છે, તેથી જોઇએ એટલો ઉંચો નીચો કરી શકાયછે. (આકૃતિ ૧૪૩ મી), (अब) ટોળાવને ધીમે ધીમે એટલો ઉંચો કર કે તેથી તેને વિશે નીચે ગબડવાની જે શક્તિ ઉત્પન્ન થાયછે તેણે કરીને તેનું ઘર્ષણ દૂર થાય; એ પ્રમાણે ઘર્ષણ દૂર થયું એટલે પછી સહજ તે પદાર્થ ગબડવા માંડશે. (अक) લંબ (अब) ઢોળાવની લંબા-

આકૃતિ ૧૪૩.



ધ કરતાં જેટલા ગણો ઓછો હશે તેટલા ગણી (ब) કરતાં ઓછા બળથી (ब) વજનમાં ઢોળાવની નીચે ઉતરવાની પ્રવૃત્તિ રેહેશે. જો (अब) ની લંબાઈ ૧૨ ઇંચ હશે, અને (अक) ની ઉંચાઈ ૩ ઇંચ અથવા ઢોળાવની લંબાઈના ¼ જેટલી હશે તો આખા વજનના ¼ જેટલા બળથી તે વજનમાં નીચે ઉતરવાની પ્રવૃત્તિ રેહેશે.

જો વજન ૧૨ ઔંસનું હશે, અને પૃષ્ટે કેવળ લીસાં હશે, તો ત્રણ ઔંસના ઢોળાવની ઉપર વ્યાપાર થયાથી તે વજન ગડબડતું અટકશે. સઘળી યાંત્રિક શક્તીઓની અંદર ઘર્ષણ થાયછે તથા પાછળ કહ્યા પ્રમાણે તેમનાં કાર્ય ગણતી વેળાએ એની પાંતોની છૂટ મુકવી પડેછે, એ વાત ફરીથી કેહેવાની જરૂર નથી; પણ કેટલાં એક યંત્રમાં બિજાં યંત્ર કરતાં થોડાં પૃષ્ટોનો સ્પર્શ થાયછે, તેથી અવશ્ય કરીને તેમની માંહે ઓછું ઘર્ષણ થાયછે.

ઉચ્ચાલનની અંદર થોડું ઘર્ષણ થાયછે, કેમકે અનુમાન પ્રમાણે જોતાં તે બિંદૂને આધારે રેહેછે, અને વ્યવહારની અંદર પણ તેના ઘણાં થોડાં પૃષ્ઠનો ટેકાસાથે સ્પર્શ થાયછે.

કપ્પીની અંદર તેની ઓળખણ સાથે દોરડુ ઘસાયછે તથા તેના આંસના બે છેડા બિજાં બે ઉભાં લાકડામાં ફરેછે તેથી ઘર્ષણ ઉત્પન્ન થાયછે; એ છેલ્લા કારણને લીધેજ કપ્પી જેમ મોટી રખાય તેમ રાખવી એવું સઘળા લોકોનું મત છે, કેમકે જારે કપ્પી મોટી હોયછે તારે જે મધ્ય આગળ ઘર્ષણ થાયછે તાંહાંથી ઘણે દૂર દોરડાનો

વ્યાપાર થાયછે, અને તેટલા માટે ઘર્ષણ વધારે સેહેલથી દૂર થાયછે.

ચક્રની અંદર પણ તે જેને આધારે રેહેછે તેના ઉપર તેનું તથા તેના ઉપર જે બોજ હોયછે તેનું દાબણ થાયછે તેથી ઘર્ષણ થાયછે; તથાપિ બરોબર તદબીર કીધાથી આ અડચણ ઘણી ઓછી થાયછે.

હોળાવની અંદર પણ ઘર્ષણને માટે ઘણી છુટ મેહેલવી પડેછે; અને તેથી કરીને ગણિતથી જેટલી શક્તિનો નફો માલમ પડેછે તેમાં ઘણું અંતર પડેછે.

ફાચર અને મળસૂત્રની અંદર તો ઘણુંજ ઘર્ષણ થાયછે; અને તેમની અંદર ચલિત પૃષ્ઠનો સારીપેઠે સ્પર્શ થાયછે, તેથી એ યંત્રોને બરોબર વ્યવસ્થામાં રાખવાને ઘણી સંભાળ લેવી પડેછે.

(સમાપ્ત.)

શબ્દપરિભાષા.



અચરકપ્પી— જડેલી કપ્પી અથવા ધરેડી. પૃ૦ ૧૬૨.

અધગ્રહત્ચક્ર— નીચલા જોરથી ફરનારૂં ચક્ર. પૃ૦ ૧૫૬.

આઘાત અને પ્રત્યાઘાત— ઘા અને પડઘા. પૃ૦ ૩૫.

આંદોલક— ઘડ્યાલનું લોલક. પૃ૦ ૬૩.

આંદોલન— આંદોલકના ઝુલ્લાને કેહેછે. પૃ૦ ૬૩.

ઉચ્ચાલક— ઉંચકનારૂં બળ અથવા શક્તિ. પૃ૦ ૯૧.

ઉચ્ચાલન— લોહોડાંનો અથવા લાકડાંનો ગજીઓ. પૃ૦ ૯૧.

ઉચ્ચાલ્ય— ઉંચકવાની વસ્તુ અથવા વજન. પૃ૦ ૯૧.

ઉર્ધ્વાહત્ચક્ર— ઉપલાં જોરથી ફરનારૂં ચક્ર. પૃ૦ ૧૫૬.

કર્ણલિટી— કોઈ ચોખુણ આકૃતિના સામ સામેના ખુણાઓસુધી દોરેલી સીધી લિટીઓ.

ભ્રમણમાર્ગ— પદાર્થને પડવાનો અથવા ફરવાનો રસ્તો. પૃ૦ ૧૪.

ખુણો— જે બે લિટીઓ એક બિંદુમાં મલેછે તેઓની વચમાંનો ઓંક—ભુમિતિમાં ત્રણ પ્રકારના ખુણા છે—કાટખુણો, સાંકડખુણો અને પોહોલખુણો—

કાટખુણામાં ૯૦ અંશ—સાંકડખુણામાં તે કરતાં ઓછા અને પોહોલખુણામાં વત્તા હોયછે.

ગતિ—ચલન અથવા ચાલ. પૃ૰ ૨.

ગુણદેગ— પૃ૰ ૯૯.

ગુરૂત્વાકર્ષકત્વ— સંધા પદાર્થોમાં નીચે પડવાનું જે વલણ હોયછે તે. પૃ૰ ૪૭.

ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ— પદાર્થમાં એવું એક બિંદુ છે કે તેને જો આધાર આપ્યો તો આખો પદાર્થ, ગમે તેવી સ્થિતીમાં હોય તોપણ, સમતોલ રેહેછે. પૃ૰ ૬૯.

ગુરૂત્વરેષા— ગુરૂત્વમધ્યથી પૃથ્વીના મધ્ય સુધી જે લિટી દોરીયે તે. પૃ૰ ૬૯.

ઘર્ષણ— પદાર્થોની સપાટી પરસ્પર લાગ્યાથી જે ઘસારો થાયછે તે.—યંત્રોની અસરનું ગણિત કરવામાં ઘર્ષણના ભાગની છૂટ મુકવી પડેછે. પૃ૰ ૨૧૦.

ચરકડ્ખી— છુટી ઘરેડી. પૃ૰ ૧૬૪.

ચલન— પદાર્થની ચાલ અથવા એક જગો.પરથી બિજી જગોપર જવું. પૃ૰ ૨.

જડત્વ— પદાર્થોમાં એક ગુણ છે કે જેથી તેઓ જેવી સ્થિતીમાં હોયછે તેવીજ સ્થિતીમાં રેહેછે, એટલે જો કંઈ અડચણ ન થાય તો ગતિમાન હોય તો ચાલ્યાજ કરે અને સ્થિર હોય તો સ્થિર રેહે. પૃ૰ ૨.

ત્રિજ્યા— વર્તુલના મધ્યબિંદુથી પરીઘ સુધી દોરેલી લિટી.

નિરપેક્ષગતિ—વગર સંબંધ રાખનારી ગતિ. પૃ૦ ૭.

પરાબલા— એક શંકુને એવી રીતે કાપીએ કે તેની એક બાજુ સાથે સમાંતર છેદન થાય તો તેને પરાબલા કેહેછે.

પરીઘ— ઘેરાવો, વર્તુલની હદ. પરીઘના ૩૬૦ ભાગ કરેલા છે અને તે અંશ કેહેવાયછે.

પ્રકૃતિ— જે પદાર્થને લંબાઈ, પોહોળાઈ અને જાડાઈ હોયછે તેને કેહેછે. પૃ૦ ૨.

પ્રતિરોધ— એ શબ્દ એવી એક પ્રેરણાને લગાડ્યામાં આવેછે કે જે બિજી પ્રેરણાને વિરૂદ્ધ હોયછે અને તેની અસરનો નાશ કરેછે અથવા તેને કમી કરેછે. પૃ ૭.

પ્રહાર— ગતિમાન્ પદાર્થથી જે ધક્કો અથવા ધા લાગેછે તે. પૃ૦ ૩૯.

પ્રેરણા— એક પદાર્થની સીધી ક્રિયા બિજા ઉપર થઇને જે તેમાં ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે તે.

પાર્શ્વોહતચક્ર— બાજુના જોરથી ફરનારૂં ચક્ર. પૃ૦ ૧૫૬.

ફળમાન— બે અથવા વધારે પ્રેરણાઓ એકઠી થયાથી જે એક પ્રેરણા ઉત્પન્ન થાયછે તે. પૃ૦ ૨૧.

બળ— જે ક્રિયા પદાર્થની સ્થિતીમાં ફેરફાર ઉત્પન્ન કરેછે તે ક્રિયાને કેહેછે—જેમકે પદાર્થ સ્થિર હોય તો

તેને ગતિમાન્ કરેછે અને ગતિમાન્ હોય તો તેને સ્થિર કરેછે. પૃ૦ ૭.

બળોનો સંઘાત અને ભેદન—જ્યારે બે અથવા વધારે બળો એકજ બળને ઠેકાણે યોજીયે અને તેઓનું તે ફળમાન્ હોય તો તે ક્રિયાને બળોનું ભેદન કહેછે અને એથી જે વિરૂદ્ધ ક્રિયા તેને સંઘાત કહેછે. પૃ૦ ૨૧.

મધ્યાકર્ષપ્રેરણા—જે બળે કરીને ફરતો પદાર્થ મધ્યબિંદુની પાસે જવાનું વલણ રાખેછે તે. પૃ૦ ૧૨.

મધ્યોત્સારી પ્રેરણા—જે બળે કરીને મધ્ય બિંદુની આસપાસ ફરનારો પદાર્થ મધ્યબિંદુથી દૂર જવાનું વલણ રાખેછે તે. પૃ૦ ૧૨.

મળસૂત્ર—પેચદાર ખીલો અથવા યંત્ર. પૃ૦ ૧૯૮.

મોમેંટમ—ગતિમંત પદાર્થનું બળ અથવા ધક્કો અને તે હમેશાં પ્રકૃતિ ગુણ્યા વેગની બરોબર છે. પૃ૦ ૯.

લંબ—એક લિટી બિજા ઉપર એવી રીતે શીધી પડે કે તેથી જે બે ખુણા થાય તે બરોબર હોય.

વર્ધમાનગતિ—વધતી જનારી ગતિ. પૃ૦ ૮.

વ્યાસ—વર્તુલના મધ્યમાં થઈને બે બાજુયે પરીઘ સુધી જનારી લિટી.

વેગ—એક પદાર્થની જે અમુક દર પ્રમાણે ગતિ થાયછે તેને કહેછે પૃ૦ ૮.

શકિતવિજ્ઞાન— યંત્રશાસ્ત્રનો એક ભાગ છે જેમાં ગતિમંત પદાર્થનું વિવેચન કરેલું છે પૃ૦ ૧, ૮૮.

શંકુ— એક નક્કર આકૃતિ જેનો પાયો વર્તુલ અને મથાળું બિંદુ છે.

સમગતિ— એક સરખી ગતિ. પૃ૦ ૮.

સમતોલન— જ્યારે બે અથવા વધારે બળો એક પદાર્થ ઉપર ક્રિયા કરીને તે પદાર્થને સ્થિર રાખેછે ત્યારે તેવાં બળો સમતોલનમાં છે એમ કેહેવાયછે. પૃ૦ ૧૮.

સમાંતરરેખા— સરખાં અંતરની લિટીઓ.

સમાંતરબાજુચોખુણ— જે ચોખુણ આકૃતિની સામસામેની બાજુ સમાંતર છે તે.

સાપેક્ષગતિ— સંબંધ રાખનારી ગતિ. પૃ૦ ૭.

સ્થૈર્યવિજ્ઞાન— યંત્રશાસ્ત્રનો એક ભાગ છે અને જે બળો પદાર્થને સ્થિર રાખેછે તેઓ વિશે તેમાં વિવેચન કરેલું છે. પૃ૦ ૧, ૮૮.

ક્ષિતિજ— પૃથ્વિની વર્તુલાકાર હદ દેખાયછે તે—સ્થિર પાણીની સપાટી ક્ષિતિજ છે.

ક્ષિતિજસમસૂત્ર— જે વસ્તુ ક્ષિતિજની સાથે સમાંતર અથવા સરખી છે તે.

ક્ષીયમાણગતિ— ઓછી થતી જનારી ગતિ પૃ૦ ૮.

શુદ્ધિપત્ર.

પૃષ્ઠ.	ઓળ.	અશુદ્ધ.	શુદ્ધ.
૧૦	૧૬	કાંઈ	કોઈ
૧૫	૨	अत्रक	अकत्र
૧૯	૧૮	व બળથી य	य બળથી न
૨૫	૨૬	न	अन
૪૭	૧૩	શક્તી	શકતી
૪૮	૨૦	શક્તિ	શકતી
૫૦	૮	(૨૫) મી આકૃતિમાં	(૨૫ મી આકૃતિમાં)
૫૫	૧	આટ્વુડ	આટ્વુડ
૫૮	૯	वह	कह
૫૮	૨૦	(આકૃતિ, ૨૮) મી	(આકૃતિ ૨૮ મી)
૫૯	૫	(अव)	(अग)
૬૨	૧૧	વેલાઅ	વેલાએ
૬૪	૧૪	આદોલન	આંદોલન
૬૭	૯	(र)	(ग)
૬૭	૧૦	(ग)	(र)
૬૮	૧	ચળનં	ચલન
૭૨	૨૩-૨૪	(प) આગલ (व)	(व) આગલ એક
૭૨	૨૨	(अ) એક	(त्र) એક
૮૬	૧૮	(अवक)	अत्रड
૯૪	૨૬	માં	તમાં

શુદ્ધિપત્ર.

પૃષ્ઠ.	ઓળ.	અશુદ્ધ.	શુદ્ધ.
૧૩૪	૭	(अ) થા	(ब) થી
૧૪૦	૩	મેળવવિયે	મેળવિયે
૧૪૨	૨૫	અતરમાથી	અંતરમાંથી
૧૪૫	૧	ઉદારણ	ઉદાહરણ
૧૭૩	૧૦	વારફરતી	વારાફરતી
૧૮૮	૩	ગતિમંદ	ગતિમાન્
૧૮૮	૭	આકતિ	આકૃતિ
૧૯૦	૯	એરનું	શેરનું
૧૯૯	૩	વ્યાર	વ્યાપાર
૨૦૩	૨૪	(ब) છેડા	છેડો
૨૦૬	૨૬	તના	તેના
૨૧૧	૨૪	બીજો	બિજાં
૨૧૬	૧૪	સ્પ	સ્પષ્ટ

